# COSMOS

下

カール・セーガン　木村繁訳

朝日文庫

**カール・セーガン**（Carl Sagan）

1934年アメリカ・ニューヨーク市生まれ。シカゴ大学で博士号をとり、現在、コーネル大学惑星研究所長で天文学と宇宙科学の教授を兼ねる。マリナー、ボイジャーなどの惑星探測器に対する功績でいくつもの賞を受けた。著書に『宇宙との連帯』『エデンの恐竜』(1978年ピュリツァー賞）など多数。

**木村　繁**（きむら・しげる）

1932年熊本市生まれ。東京大学教養学部教養学科卒。朝日新聞東京本社科学部長、調査研究室幹事などを経て、株式会社・衛星チャンネル常務取締役。1987年11月死去。

カバー装幀＝平野甲賀

『イラスト版COSMOS』(朝日新聞社刊）から
「球状星団内の恒星をまわる惑星」
（想像図　Ⓒ Don Dixon）
「球状星団M13あてに打った電報」
(コーネル大学アレシボ天文台）

# コスモス

下

カール・セーガン　木村 繁 訳

朝日文庫

目次

表紙・扉／伊藤鑛治
図版／吉沢スタジオ

コスモス　下

# 7　天のかがり火

「彼らは、天のまるい穴のところへやってきた。……火のように燃えながら。カラスが言った。これが星だ、と」

——エスキモーの創造神話

「私はペルシャ王になるよりは、一つの原因を理解したい」

——アブデラのデモクリトス

「しかし、サモスのアリスタルコスは、いくつかの仮説を書いた一冊の本を持ち出した。宇宙は、いまいわれているよりも何倍も大きい、という結果を導き出すような前提条件が、その本のなかには書いてあった。恒星と太陽とは動かず、地球が太陽のまわりを、一つの円周にそってめぐっている、というのが、彼の仮説であった。太陽は、軌道のまんなかにあり、恒星のある天球の中心も太陽と同じところにある。この天球は、あまりに大きいので、地球がめぐっている円から、恒星のある天球までの距離は、天球の中心から天球の表面までの距離と、ほとんど変わらない。アリスタルコスは、そう考えていた」

——アルキメデス『砂粒を数える人』

「神についての人間の考えを忠実に説明するとすれば、人間は、つぎのことを認めざるを得ない

だろう。神という言葉が使われるのは、大部分、人間が目撃したことの原因が、はるかかなたに隠されていてわからないときである。また、よくわかっている「原因」を噴き出している自然の噴水が止まって見えなくなったとき、人間は神という言葉を使う。また、人間が原因と結果の鎖を追うことがもはやできなくなったときや、解決の困難なことにぶつかって研究をやめたとき、人間は、それを神のせいにする。……したがって、ある現象が起こったことを、人間が神のせいにするとき、……人間は、人間自身の心の暗闇や、人間が聞きなれた音を、うやうやしい畏敬の念で置き替えているにすぎないのである」

——ホルバッハ男爵パウル・H・ディートリッヒ『自然の体系』(ロンドン、一七七〇年)

## 星はいったい何なのか

私は、子供のころ、ニューヨーク市ブルックリン区のベンソンハーストというところに住んでいた。私は、自宅の近くのことは、よく知っていた。どのアパートも、ハト小屋も、裏庭も、表の玄関も、空き地も、ニレの木も、飾りの手すりも、石炭を落とす装置も、ボール投げをするのに適した壁も、みんな知っていた。ボール投げの壁としては「ローズ・スティルウェル」という劇場の外壁が優れていることも知っていた。私は、多くの人たちが住んでいるところも知っていた。ブルーノとディノ、ロナルドとハーベイ、サンディ、バーニー、ダニー、ジャッキーとマイラたちの家を私は知っていた。

しかし、数区画離れたところや、うるさい自動車道路と八六番街の高架鉄道の北側は、私にとって立ち入り禁止の場所だった。したがって、そこは、私にとって、見なれない未知の領域であった。そこは、私にとって、火星と同じくらいに、何も知らない場所だった。

早く寝る人たちでも、冬には、ときどき星を見ることができるだろう。私も、はるかかなたの、またたく星を見つめて、あれは、いったい何だろうか、と不思議に思った。私は、よく年上の子供やおとなたちにたずねたものである。彼らは「あれは、空の明かりだよ、坊や」と答えるだけだった。空の明かりであることぐらいは、私でも知っていた。しかし、それらは、いったい何なのだろうか。小さなランプが飛び回っているだけなのか。なんのために……。

私は、星たちが、かわいそうに思えてきた。星たちは、平凡なもので、その不思議さは、好奇心のない人たちには、わからないのだろう。もっと深い答えが、あるに違いない。

私がもう少し大きくなったとき、両親が私に図書館のカードを渡してくれた。図書館は、たしか八五番街にあった。私にとって、そこは〝外国〟であった。

私は、すぐに出かけていって、図書館員に星の本を貸してほしいと頼んだ。彼女は、クラーク・ゲーブルやジーン・ハーローのような名の男女の写真ののった本を持ってきた。「これは違う」と、私はいったが、なぜ、彼女がそんな本を持ってきたのか、そのときは、よくわからなかった。彼女は微笑して、ほかの本を探してきた。こんどは、正しい本であった。私は息をのんで、その本を開き、深い答えがわかるまでよく読んだ。その本には、びっくりするような、きわめて偉大な考えが書いてあった。その本によれば、星は、はるかかなたの太陽であるという。そして、

私たちの太陽も星なのだが、ただ、近くにある点が、ほかの星とは違うという。
太陽をずっと遠くへ持ってゆけば、またたく小さな光の点になるだろう。その場合、いったい、どれほど遠くへ持ってゆけばよいのだろうか。私は、光が伝わるとき、その明るさは距離の二乗に反比例する、という法則を知らなかったし、視角のことも知らなかった。もちろん、星までの距離を計算する方法も、まったく知らなかった。しかし、もし星たちが太陽であるならば、ものすごく離れたところにあるのだろう、ということは私にもわかった。たぶん八五番街よりもマンハッタン区よりもさらに遠く、たぶんニュージャージー州よりも遠いのだろう、と私は思った。
しかし、宇宙は、私が想像したよりも、はるかに大きかった。
のちになって、私は、もう一つ、驚くべきことを本で読んだ。ブルックリン区も含めて地球は一つの惑星であり、それは、太陽のまわりをめぐっている、というのだ。そして、ほかにも惑星があり、それらも太陽のまわりをめぐっている。あるものは太陽に近く、あるものは太陽から遠い。惑星たちは、太陽のように自分自身で光を出すわけではない。それらは、太陽の光を反射しているにすぎない。もし、遠く離れて見たら、地球や、そのほかの惑星は見ることができないだろう。なぜなら、地球などは、あまりに弱い光の点なので、太陽の輝きのなかにのみこまれてしまうからだ。
とすれば「ほかの星たちのまわりにも惑星がある」と考えても、おかしくはない、と私は思った。そのような惑星は、これまでにまだ一つも見つかっていないけれども、そんなほかの惑星にも生物がいるだろう。いないわけがない、と私は考えた。ただし、それらの生物は、たぶん、私

たちがブルックリン区で見る生物とは違っていることだろう。
そんなわけで、私は天文学者になって、恒星や惑星を研究し、できることなら、そこへ行ってみたいと決心した。
両親や何人かの先生たちは、私の風変わりな希望を聞いて、私を励ましてくれた。そして、私は、人類の歴史のうえで初めて人間がほかの世界を訪れ、宇宙の深いところを偵察するという、このすばらしい時代に生まれあわせた。その意味で、私は、ものすごく幸運だった。
もし、私がもっと早い時代に生まれていたならば、私がどれほど努力をしても、恒星とは何か、惑星とは何か、ということを理解することはできなかっただろう。私たちの太陽のほかにも太陽があり、そのまわりにも世界がある、ということを、私は知らなかっただろう。それは、私たちの祖先が一〇〇万年にもわたって忍耐強く観測を続け、大胆に考え続けてきた結果、ようやく自然からもぎ取った重大な秘密の一つなのである。

**遠い祖先たちの考え**

星とは、何なのだろうか。このような質問をするのは、子供がほほえむのと同じくらい、あたり前のことである。私たちは、たえず、そのような質問をしてきた。現代が昔と違うのは、私たちが、ついに、いくつかの答えを得た、という点である。その答えがどんなものであるかは、本を読んだり、図書館で調べたりすれば、たやすく知ることができる。
生物学には、反復説という法則がある。それは、不完全かもしれないが、きわめてよくあては

まる強力な法則で、その内容は「生物の胎児の成長過程は、その生物がたどってきた進化の過程を再現する」というものである。「個体発生は系統発生をくり返す」ともいう。

私たち個人の知的な発達についても、この反復説があてはまるように、私には思われる。私たちは、無意識のうちに、私たちのはるか昔の祖先たちの考えかたの過程をたどっている。

科学がなかった時代のこと、図書館がなかったころのことを考えてみよう。数十万年も昔のことを想像してみよう。そのころの私たちも、いまの私たちと同じくらい利口で、好奇心に満ち、社会的なことや性的なことにたずさわっていただろう。しかし、まだ実験は行われていなかった。発明もまだなされていなかった。そのころ、人類は、子供の時代であった。

火が発見されたときのことを想像してみよう。当時の人間の生活は、どうだっただろうか。私たちの祖先は、星のことをどう考えていただろうか。つぎのような話をする人が、きっといただろうと、私は、ときどき空想のなかで考える。

「おれたちは、草の実や根を食べる。木の実や木の葉も食べる。死んだ動物も食べる。おれたちは、動物を見つけ出して殺すこともある。おれたちは、どの食べものが安全で、どれが危険かを知っている。ある食べものを食うと、罰を受けて死んでしまう。おれたちは、悪いことをしたわけではない。しかし、ジギタリスや毒ゼリを食べると死ぬ。おれたちは、子供たちや友達が好きだ。だから、彼らにも、危ない食べもののことは教えてやるのだ」

「動物を傷つけると、逆におれたちが殺されることもある。ツノで刺されることもあるし、踏み

つぶされることもあり、食われてしまうこともある。動物というのは、おれたちにとって生と死を意味している。やつらは、どのように行動するか、どんな足跡を残すか、結婚して子供を生むのはいつか、うろつき回るのはいつか。おれたちは、そういうことを知らなければならない。そして、それを子供たちに話す。子供たちは、また、その子供たちに話す」
「おれたちは、動物なしでは生きていけない。おれたちは動物を追いかける。特に、食べる植物のほとんどない冬には、動物を追わなければならない。おれたちは、あちこちうろつく狩り人であり、採集者である。おれたちは、狩猟民族なのだ」
「おれたちは、夜空の下か、木の下か、木の枝にくるまって寝る。おれたちは動物の毛皮を着物として使う。それは暖かい。それは、おれたちの裸のからだを包む。ときには、それをハンモックとして使う。動物の毛皮を着ると、動物の力が自分に乗り移ったかのような気がするものだ。おれたちは、カモシカを追って飛び回る。おれたちはクマも殺す。おれたちと動物たちとは、結び合わされている。おれたちは動物をとって食う。やつらも、おれたちをとって食う。おれたちは、おたがいに、相手の一部になっているのだ」
「おれたちは道具を作る。そして、生き続ける。よい石を見つけたり、その石を割ったり、薄いかけらにしたり、研いだり、みがいたりすることのうまいやつもいる。動物の筋で石を木の棒にゆわえつけて、手オノも作る。そのオノで植物を切ったり、動物を殺したりする。おれたちは、長い棒に石をくくりつけてヤリにすることもある。注意深く静かにしていれば、ときには、動物が近づいてくるから、そのヤリで突くことができる」

「肉は腐る。ときには、腹がへっていて、かまわず食べてしまうこともある。ときには、草の葉をまぜて、腐った肉のいやな味を消すこともある。腐らない食べものは、動物の皮や大きな葉で包んでおいたり、大きな木の実の殻のなかに入れておく。食べものは貯えておき、持ち歩いたほうがよい。あまり早く食べてしまうと、あとで飢えてしまう者も出る。だから、おれたちは、おたがいに助け合わなければならない。だれもが規則に従わなければならない。おれたちは、いつも規則を持っている。規則は神聖なものだ」

**火を飼いならしたとき**

「ある日、あらしがあった。稲妻が輝き、雷が鳴り、雨が降った。子供たちは、あらしをこわがる。ときには、おれたちも、あらしがこわい。あらしは、秘密を持っている。雷は音が大きい。稲妻は短く明るい。たぶん、力の強いだれかが怒っているのだろう。だれかが空にいるのだと、おれは思う」

「あらしのあと、近くの森が、キラキラと光り、バリバリと音がした。おれたちは見に行った。そこには、明るくて熱いものが、はね回っていた。それは黄色と赤のまじったような色だった。おれたちは、そんなものを見たことはなかった。いま、おれたちは、それを『炎』と呼んでいる。それは、においを持っていた。それは、食べものを食う。それは、植物を食べ、木の枝を食べ、放っておけば、木をすべて食べつくす。それは、強いやつだ。しかし、あんまり利口じゃない。食べものがなくなれば、そいつは死んでしまうんだ。もし、途中に食べものがなければ、それは、

ヤリを投げたほどの距離も歩けない。やつは、食べながらでないと歩けない。しかし、食べものがたくさんあると、そいつは、大きくなり、炎の子供をたくさん作る」
「おれたちのなかに、大胆にも恐ろしいことを考えたやつがいた。炎を捕らえて、少しずつエサをやり、おれたちの友達にしようというのだ。おれたちは、堅い木の長い枝を探した。炎は、それをゆっくりと食べた。だから、おれたちは、炎のないほうの端をつかんで、その枝を持ち上げることができた。小さな炎は、持って走ると死んだ。炎の子供たちは弱かった。だから、おれたちは走らなかった。おれたちは、炎に向かって『死ぬなよ』と叫びながら歩いた。ほかの狩り人たちは、目を見ひらいて、おれたちを見た」
「その後も、おれたちは、その炎を持って歩いた。おれたちは、炎の母親を決めた。炎にゆっくりとエサを食べさせ、飢えて死なないようにする人である。＊炎は不思議なものであり、役に立つ

＊原注＝火を生きものとみて保護し面倒をみることは「原始的」な考えとして捨て去るべきではない。数多くの現代文明の根の近くに、そのような考えがある。古代のギリシャやローマや、インドのバラモン階級の人たちの家には、かならず暖炉があった。そして、その火の面倒をみるための、あらかじめ決められた規則があった。夜には、火は灰でおおい、朝になったら小枝を加えて、炎を生き返らせる。暖炉のなかの火が消えることは、家族の死滅と同じであると考えられた。この三つの文明においては、暖炉のしきたりは、祖先の崇拝と関係があった。今日、世界中で、宗教の儀式や記念行事、政治的式典や、スポーツの祭典などのさい「永遠の火」が使われるが、その起源は古代までさかのぼることができる。

道具でもあった。たしかに、偉大な人からの贈り物であった。その偉大な人物は、あらしのときに怒っている人と同じなのだろうか」

「炎は寒い夜におれたちを暖めてくれる。それは、おれたちに光も与えてくれる。新月のとき、炎は、暗闇のなかに、明るい穴を作り出してくれる。おれたちは、あすのために、夜、ヤリを整えることができる。もし疲れていなければ、おれたちは、おたがいに顔を見ながら話すこともできる。そのうえ、炎は動物たちを近づけないようにもする。なんとよいことか。おれたちは、夜、動物たちに傷つけられていた。ハイエナやオオカミのような小さな動物たちでさえ、ときには、おれたちを食べた。しかし、いまは違う。いまは、炎が動物たちを追い払ってくれる。動物たちは、暗いところで弱々しいうなり声をあげ、うろついている。そのことを、おれたちは知っている。やつらの目は、炎の光で輝いている。やつらは、炎をこわがっている。しかし、おれたちはこわくない。炎は、おれたちのものなのだ。おれたちは、炎の面倒をみる。炎は、おれたちの面倒をみてくれる」

## 夜空のなぞを解く

「空は大切だ。それは、おれたちを覆っている。それは、おれたちに語りかける。おれたちが火を見つける前は、おれたちは暗闇のなかに寝ころがって、光の点を見上げたものだ。いくつかの点は、寄り集まって天に絵を描いていた。ほかのものよりも、その絵をよく見ることのできる女がいた。彼女は、おれたちに、星の絵と、その名前とを教えてくれた。おれたちは、夜遅くまで

起きていて、夜空の絵について、いろいろな物語を作り上げた。夜空には、ライオンもいたし、イヌも、クマも、狩り人もいた。ほかに、風変わりな絵もあった。それらは、空にいて、怒ったときあらしを起こす強いやつらの絵なのだろうか」

「夜空の絵は、ほとんど変わらない。毎年、同じ星の絵がそこにある。月は、なんにもないところから、細い銀色になり、やがて、まるい円に育つ。それから再びやせてゆき、消えてなくなる。月の変化に合わせて、女たちは血を出す。月が育ったり縮んだりするさい、ある時期にはセックスをしてはいけない、と決めている種族もいる。ある種族は、月の満ち欠けと、女性たちの出血の日とを、シカの角に刻んで記録する。そうすれば、計画をたて、規則に従うことができる。規則は神聖なのだ」

「星たちは、遠く離れている。おれたちが丘にのぼったり、木にのぼったりしてみても、少しも近づくことができない。そして、雲は、おれたちと星とのあいだに入り込む。星は、雲の向こうに隠れているに違いない。月は、ゆっくりと動いていって星の前を横切る。その後も、星はそこにある。月は、星を食べるわけではない。星は月のうしろに隠れているに違いない。星はまたたく。奇妙な、冷たい、白い、傷のない光である。それは、たくさんあり、全天を覆っている。しかし、夜だけしかない。星とは何なのだろうか。おれは不思議に思う」

「火を発見してからは、おれは、たき火のわきに腰をおろして、星たちのことを考えた。ゆっくりとだが、一つの考えが浮かんできた。星は炎である、とおれは考えた。それから、おれは、さらに考えた。星は、ほかの狩り人たちが夜に燃やしているかがり火である、と。星は、かがり火

よりも小さい光である。したがって、星は、はるかかなたのかがり火なのだろう。しかし、仲間たちは、おれにたずねた。『だが、どうすれば空でかがり火をたくことができるのだろうか。かがり火や、それを囲んでいる狩り人たちは、どうして、わしらの足もとに落ちてこないのかね』と……」

「それは、いい質問だ。これらの質問は、おれを困らせた。ときどき、おれは考えた。空は、卵の殻か木の実の殻を半分に割ったようなものだろう、と。遠く離れたかがり火を囲んでいる人たちは、おれたちを見おろしているのだろう、とおれは考えた。ほかの人が見れば、彼らは見上げているように見えるだろう。そして、おれたちを見て、『やつらは、おれたちの空にいる。なぜ、やつらは、おれたちのところに落ちて来ないのだ』と不思議に思うだろう。分るかね。だが、仲間の狩り人たちは、私にいった。『下は下、上は上さ』と。これも、また、よい答えである」

「仲間のひとりが考えたことが、もう一つある。彼の考えは『夜とは、空に投げ上げた大きな黒い動物の皮だ』というのである。その皮には、あちこちに穴がある。おれたちは、その穴から炎を見ているのだ。彼の考えは『星のあるところだけに炎がある』というのではなかった。炎は空全体に広がっている、と彼は考えた。しかし、その炎を動物の皮が隠しており、穴のところだけ、炎が見える、というのである」

「星のなかには、さまよい歩くのがある。おれたちが狩りをする動物や、おれたち自身のように、それらの星は移動する。何カ月ものあいだ注意深く見ていれば、それらの星の動きがわかる。動く星は五つしかない。片手の指の数と同じだ。それらは、星たちのあいだを、ゆっくりと動く。

もし、おれのかがり火の説が正しいなら、これらの星は、大きなかがり火を持って歩き回る狩猟民族であろう。動く星が皮の穴だということがあり得るだろうか。穴をあければ、穴はそこにあるだけだ。穴は穴である。穴はさまよい歩くことはない。また、おれは、炎の空に囲まれていたくはない。もし皮が落ちたら、夜空は明るくなるだろう。いたるところ炎だらけで、明るすぎるだろう。炎の空は、おれたちみんなを食べてしまうだろう、とおれは思う。空には二種類の強い人間がいるのだろう。ひとりは悪いやつで、炎がおれたちを食べるように仕向けるやつだ。もうひとりはよいやつで、皮を置いて、おれたちを守ってくれている。このいいやつに感謝する方法を、おれたちは探し出さなければならない」

「星は、空のかがり火なのか。それとも皮にあいた穴から強烈な炎が、おれたちを見おろしているのだろうか。どちらだか、おれにはわからない。ときには、おれは、かがり火を考え、ときには穴を考える。一度は、かがり火でも穴でもないと考えた。しかし、それ以外のものを考えるのは、むずかしかった」

「丸太に首をのせて寝ころべば、空だけが見えるだろう。丘も、木も、狩り人たちも、かがり火も見えない。ただ空だけだ。ときどき、おれは、空のなかへ吸い込まれてゆくように感じる。もし、星がかがり火なら、そのような、ほかの狩り人たちのところを、おれは訪ねてみたい。とくに、さまよい歩く人たちのところを。それなら、空にのぼってゆくのは、いい気分だ。しかし、もし星が皮の穴ならば、おれは恐ろしくなる。穴を通り抜けて、強烈な炎のなかに入り込むのは、いやだからだ。どちらが正しいのか、おれは知りたい。わからぬままなのは好きではない」

狩猟者や採集者のグループの人たちの多くが、星について、このように考えたとは、私は思わない。しかし、長い歳月のあいだには、おそらく、このようなことを考えた人たちが何人かはいただろう。もちろん、このようなことを、ひとりですべて考え出せるとは私には思えない。だが、原始的な社会にも、精密な理論は、よく見られた。アフリカ南部にあるボツワナ共和国のカラハリ砂漠では、天の川は真上に見えるが、そこに住むクン・ブッシュマンの人たちは天の川のことを「夜の背骨」と呼んでいる。それは、空が巨大なけものであって、私たちは、そのけもののなかに住んでいるかのような呼び名である。

彼らの説明を聞けば、天の川のことが理解できるだけでなく、それは役に立つものであることがわかる。クン族の人たちは、天の川が夜を支えている、と信じている。

もし天の川がなければ、暗闇は、私たちの足もとに落ちて、こなごなに砕けてしまうだろう。これは、優雅な考えだ。

天のかがり火とか、夜の背骨とかいう、たとえ話は、人間の多くの文明のなかで、結局は、別の考えに、とって代わられた。空の力強い人間は、昇格して神様になった。神様には名前がつけられ、親類の神様も作られた。そして、神様には、はたさなければならない宇宙での仕事と責任とが与えられた。人間のすべての心配ごとに関して、男の神様か女の神様があった。神は、自然を動かした。神様の御心がなければ、何ごとも起こらなかった。もし神様が幸福なら、食べもの

イオニア地方の地図

もたくさんあり、人間も幸福だった。しかし、神様の不興を買うようなことがあると、どんな小さなことであっても、その結果は、恐るべきものだった。日照り、あらし、戦争、地震、噴火、流行病などが起こった。

だから、神様は、なだめなければならなかった。したがって、神様を怒らせないための祈りやまじないが始まり、そのことに、ものすごい努力が払われた。しかし、神様たちは、移り気だったから、何をなさるか、だれにも、はっきりとはわからなかった。

自然はなぞに包まれていた。世界を理解するのは、むずかしいことだった。

エーゲ海のサモス島にあったヘラ神殿は、いまは、ほとんどなにも残っていない。それは、古代世界の七不思議の一つで、空の女神であったヘラのためにささげられた神殿だった。女神アテナが、ギリシャの都市アテネの守り神であったように、

ヘラは、サモス島の守り神だった。ずっとのちに、この女神は、オリンピアの神々のなかで最高の地位にいたゼウスと結婚した。古い物語によると、二人は、サモス島で新婚の夜を過ごしたという。

ギリシャの宗教では、夜の空にひろがる光の帯は、女神ヘラの乳だという。それは、彼女の乳房からほとばしり出て、天を横切って流れたのだ。ヨーロッパでは、天の川のことを「乳の道」（ミルキー・ウエー）というが、それは、この伝説から出た言葉である。

それは、もともと「天が地球を育てる」という重要な考えから出たものだろう。もしそうだとすれば、その考えは、何千年ものあいだ忘れられていたように思われる。

大昔の人たちは、生存の危機に対処するのに、気まぐれですぐ気分をこわす神様たちの物語を考え出した。私たちは、ほとんどすべて、そのような人たちの子孫である。

ものごとを理解したいという人間の本能は、たやすく得られた宗教的な説明のために、長いあいだ、萎縮したままだった。古代ギリシャのホメロスの時代には、空にも地球にも、雷にも、大洋にも、地にも、火にも、時間にも、愛にも戦争にも、すべてに神がいた。木には、木の精がいたし、草原には、草原の神がいた。そんな時代が長く続いたのだ。

宇宙は、見たこともないなそのような神にあやつられる〝あやつり人形〟のようなものだ、という考えに、人間は何千年ものあいだ抑えつけられてきた。

ところが、いまから二五〇〇年ほど前、イオニア地方の人たちが目ざめた。それは、栄光の目ざめであった。サモス島と、その近くのギリシャの植民地から始まって、それは、船のゆききの

激しい東エーゲ海の島々で成長していった。*

すべてのものは原子でできているとか、人間や動物は、もっと簡単な形の生物から発展してきたものであるとか、病気は悪魔や神が起こすものではないとか、地球は太陽のまわりをめぐっている惑星の一つにすぎないとか、星は非常に遠いところにあるとか、そういうことを信じる人たちが、突然現れたのだ。

**一歩先んじたイオニア**

この革命は、混沌（カオス）のなかから、秩序ある宇宙（コスモス）を作り出した。初期のギリシャ人たちは、最初にあったのは、混沌であると信じた。天地創造の物語のなかでも、このカオスという言葉は「形がない」という意味で使われていた。まずカオスが作られ、カオスは、「夜」と呼ばれる女神と結婚させられ、その結果生まれた子孫たちが、すべての神々や人間になったという。

「宇宙はカオスから作られた」という考えは「自然は、気まぐれな神によってあやつられているので予測できない」というギリシャ人たちの信念と完全に一致するものだった。

しかし、西暦紀元前六世紀に、イオニア地方で新しい考えが生み出された。それは、人類の、

*原注＝イオニア地方とイオニア海とは別な場所である。イオニア海からエーゲ海沿岸に移住してきた人たちが、そこをイオニア地方と呼んだ。

きわめて偉大な考えの一つであった。古代のイオニア人たちは「宇宙は知ることができる」と主張したのだ。なぜなら、それは、内側の秩序を見せてくれるからだ。自然には規則性がある。したがって、秘密をあばくことができる。

自然は、完全に予測できるわけではない。しかし、自然が従わなければならない規則がある。宇宙の、このような秩序と、称賛に値する特徴とが「コスモス」と呼ばれた。

しかし、なぜこのような考えがイオニア地方で生まれたのだろうか。地中海東部の、このような目立たない、はるかないなかの島々で、なぜ、そんな考えが発展したのだろうか。なぜ、インドやエジプト、バビロニア、中国、中央アメリカなどの大都市で、そのような考えが生まれなかったのだろうか。

中国には、何千年にも及ぶ天文学の伝統があった。中国人たちは紙の作りかたや印刷のしかた、火薬、ロケット、時計、絹、磁器などを発明し、大洋を航海する海軍も持っていた。しかし、歴史家のなかには「中国はあまりにも伝統的な社会で、革新的なことを喜んで受け入れようとはしなかった」という人もある。

ものすごく裕福で、数学的な才能にも恵まれていたインド人たちは、なぜ、そのような考えを生み出さなかったのだろうか。何人かの歴史家たちは、つぎのようにいっている。「宇宙は限りなく古い、とインド人たちは考えていた。そして、その宇宙のなかでは、死んだあと再び生まれ返り、そしてまた死ぬという循環や、魂と宇宙との循環などが、限りなくくり返されていて、根本的に新しいことは何も起こり得ない。インド人たちは、そのような考えに魅せられ、がっちり

としばられていたから、新しい考えは出てこなかったのだろう」と。
マヤやアステカの人たちは、天文学にすぐれ、インディアンがそうであったように、大きな数に魅せられていたが、なぜ彼らも新しい考えを生み出せなかったのだろうか。歴史家たちは、はっきりと言っている。「彼らは、機械的なものに対する興味と意欲とを持っていなかったからだ」と。マヤとアステカの人たちは、子供のおもちゃ以外には、荷車さえも発明していなかった。
イオニア人たちには、有利な点が二、三あった。その一つは、イオニアが島国だったことだ。不完全ながら、たがいに孤立していたので、多様性が生まれた。数多くの島で、それぞれ違った政治体制がとられた。すべての島を社会的、知的に一様なものにしてしまうような、権力の集中はなかった。したがって、自由な研究が可能であった。政治的な目的で迷信を助長するようなことは、これらの島々では必要ではなかった。
ほかの多くの文明とは違って、イオニア人たちは、文明の交差点に立っていた。イオニアは、単一の文明の中心地ではなかった。イオニアでは、ギリシャ語を書くために、はじめてフェニキア文字が使われた。そのおかげで、多くの人たちが読み書きを習うことができた。文字を書くことは、神官や筆写者だけの独占的な仕事ではなくなった。そのおかげで、多くの人たちの考えを、考察と議論の対象とすることができるようになった。
イオニアでは、政治的な権力は商人たちの手中にあったが、商人たちは、技術をもとにして繁栄していたので、技術を積極的に進歩させた。
エジプトやメソポタミアの偉大な文明を含めて、アフリカ、アジア、ヨーロッパの文明が出会

い、交雑したのは、地中海東部の地域だった。そこでは、偏見や言語や思想や神々が、猛烈に、感情的にぶつかりあった。

何人かの毛色の違った神様たちがいて、それぞれ、同じ領土について占有権を主張しあっているのを見たら、あなたは、いったいどうするだろうか。バビロニアのマードックという神様と、ギリシャのゼウスという神様とは、それぞれ、天の主であり、多くの神々を統治する王であると考えられていた。

「マードックとゼウスとは、同じものだ」と、あなたは考えるかもしれない。あるいは「この二つの神様は、それぞれ違った性格を持っているので、どちらか一方は、ただ神官が考え出したものにすぎない」と、あなたは考えるかもしれない。だが、どうして片方だけなのか。両方とも神官たちが作り上げたものではないのか。

というわけで、偉大な考えが起こってきた。それは「神様という仮説を使わなくても、世界のことを知る方法があるかもしれない」という認識であった。それは「自然には、原理や力や法則があり、それによって世界を理解することができ、スズメの落ちたのまでゼウスの神のせいにする必要はない」という考えであった。

中国、インド、中央アメリカの人たちも、もう少し時代が下がれば、科学を思いついたことだろう。文化というものは、同じようなリズムで進むものではない。ときには、ゆっくり、ときには急速に、といったぐあいに進むのだ。文化は、それぞれ違った時期に起こり、違った速さで進歩する。

科学というものは、非常に有効なものであり、ものごとをよく説明し、私たちの脳のもっとも進んだ部分と非常によく共鳴するものである。したがって、地球上のあらゆる文明が、なりゆきに任せておけば、きっと科学を発見するだろうと私は思う。それにしても、どの文明かが、最初に科学を発見することになる。それが、イオニアであった。科学はイオニアで誕生した。

**先駆者タレスの哲学**

西暦紀元前六〇〇年から同四〇〇年までのあいだに、人間の思想の、偉大な革命が始まった。革命のかぎとなったのは、手であった。イオニアの思想家たちは、水夫や農民や機織りたちの子であった。

ほかの国々の神官たちや筆写者たちは、ぜいたくな家庭に育ち、自分自身の手を汚すことをいやがったが、イオニアの思想家たちは、つついたり、修理したりすることに慣れていた。彼らは、迷信を拒否し、なぞを解こうと努力した。

イオニアで起こったことについて、私たちは、現在、断片的な、二番せんじの説明しか聞くことができない。当時、使われたたとえ話は、現在、私たちには、よくわからぬかもしれないし、イオニアで起こった新しい考えを意識的に抑圧しようという努力が何世紀かのちになってなされたことも、ほとんど確実である。

イオニアでの革命にさいして、指導的な役割をはたした人たちが何人かいる。彼らは、ギリシャの名前を持っているが、今日、私たちにとっては、ほとんどなじみのない人たちばかりである。

しかし、彼らは、私たちの文明、私たちの人間性を開発した、真の先駆者たちであった。
イオニアの最初の科学者は、ミレトスのタレスであった。ミレトスというのは、サモス島から狭い海峡ひとつへだてた対岸のアジアの町であった。彼は、エジプトに旅し、バビロニアの知識にも精通していた。彼は、日食を予言したとも伝えられている。彼は、ピラミッドの高さを、その影の長さと、地平線から太陽までの角度をもとに算出する方法も知っていた。この方法は、今日、月の山の高さを測るのに使われている。
タレスは、幾何学の定理も、はじめて証明した。それらは、三世紀ほどあとに、ユークリッドが著したのと同じ種類の定理だった。たとえば「二等辺三角形の底角はたがいに等しい」といったような定理を、タレスは初めて証明した。
タレスからユークリッドへ、そして、一六六三年に、アイザック・ニュートンがスタアブリッジの博覧会で『幾何学原論』を買うところまで、知的な努力が、はっきりと連続している。そして、それは、現代の科学と技術のなかに生きている。
タレスは、神様たちの助けを借りないで、世界のことを理解しようと試みた。彼は、バビロニアの人たちと同じように、世界はかつて水であったと信じていた。バビロニア人たちは「陸地を作るためにマードックという神様が、水の上にマットを置き、その上に土を積み上げた*」と信じていた。
タレスも同じような意見を持っていたが、ベンジャミン・ファリントンが言っているように、彼は「マードックをつまみ出した」のである。たしかに、かつては、どこもかしこも水であった。

しかし、陸地は、大洋のなかから自然の過程によってできたものであった。彼は、ナイル川の河口に土砂が流れてきて、三角洲ができるのを見たことがあったが、それと同じようにして陸地もできた、と彼は考えた。

事実、タレスは「水こそは、すべてのものの下に隠れている根源的、一般的なものである」と考えた。それは、今日、私たちが「電子、陽子、中性子、あるいはクォークがすべてのものを作っている」と考えているのと、よく似た考えであった。

タレスの結論が正しかったかどうかは、あまり重要ではない。大切なのは、彼の考え方である。

*原注　二、三の証拠によると、バビロニア人たちより前の、初期のスメル人たちの創造神話は、あらかた自然論的であった。それは、西暦紀元前一〇〇〇年ごろ『エヌマ・エリッシュ』という本にまとめられた（エヌマ・エリッシュとは「高きにありし時」という意味で、この詩の最初の言葉である）。しかし、バビロニアの時代になると、自然の代わりに神様が登場し、神話は宇宙の歴史ではなく、神様の系図を示すものとなった。

『エヌマ・エリッシュ』は、日本のアイヌの神話を私たちに思い出させてくれる。それによると、もともと泥だらけだった宇宙を鳥の翼がたたき、その結果、陸地が水から分かれたという。

フィジー諸島の人たちの創造神話はこうだ。「ロコマウツという神様が巨大な手で大洋の底の泥をすくい上げ、あちこちに積み上げて陸地を作った。それがフィジー諸島だ」。

水から分かれて陸地ができた、というのは、島に住む人たちや、航海する人たちにとってはまったく自然な考えだった。

世界は神によって作られたものではなく、自然のなかの物質的な力によって作られた、という彼の考えかたが重要なのだ。

　タレスは、また、エジプトとバビロニアから、天文学と幾何学という新しい科学の種子を持ち帰った。それらは、イオニアの豊かな土壌のなかで芽を出し、成長した。

　タレスの個人的な生涯のことは、ほとんどなにもわかっていない。しかし、彼の人柄を示す一つの話が、アリストテレスの著書『政治学』のなかに出ている。

「(タレスは) 貧乏だったので『哲学は金もうけの役には立たないという証拠だ』といって非難されていた。話によると、彼は（天を解釈することに）すぐれていたので、まだ冬のうちから、あくる年にはオリーブが大豊作になることを知っていた。彼は、わずかなお金しか持たなかったが、キオスとミレトスにあったオリーブ搾り機のすべてに保証金を積み、その使用権を得た。彼と競争する人はいなかったので、彼は、安いお金で権利を入手することができた。オリーブの収穫期になったら、数多くのオリーブ搾り機が、一度に必要になった。彼は、自分の思う値段で搾り機を貸して、多額のお金をもうけた。このようにして、彼は、『哲学者は、お金持ちになりたいと思えば、いつでも容易になれるのだが、哲学者の願望は、お金もうけとは別なところにあるのだ』ということを世間の人たちに示した」

　タレスは、政治的な知恵者としても有名であった。彼は「リディア王クロイソスに合併されないように抵抗しなければならない」とミレトスの人たちに説き、これは、うまくいった。また「イオニアのすべての島国が連合してリディアに反対すべきである」とも彼は説いた。しかし、

この連合は実現しなかった。

## ギリシャ時代の進化論

ミレトスのアナクシマンドロスは、タレスの友達であり、同僚でもあった。彼は、実験を行った人として知られている。彼は、垂直に立てた棒の影がどう動くかを調べて、一年の長さと季節とを正確に知った。人間は、長い年月のあいだ、棒を使って、おたがいになぐり合ったり、突き刺し合ったりしていたが、アナクシマンドロスは、棒を使って時間を測った。

彼は、ギリシャで日時計を作った最初の人であった。世界の地図を作ったり、星座の図を示す天球儀を作ったりしたのも、ギリシャでは彼が最初だった。

彼は、太陽、月、星などは火でできていると信じていた。そして、私たちは、空のドームにあいている〝動く穴〟を通して、その火を見ているのだ、と彼は信じていた。それは、たぶん、かなり古い考えだったろう。

地球は、天からつり下げられたり、あるいは支えられたりしているのではなく、みずから宇宙のまんなかにじっと止まっているのだ、という、すばらしい考えをアナクシマンドロスは持っていた。地球は「天球」のすべての場所から等しい距離にあるから、地球を動かすような力は働かない、というのが、彼の考えだった。

人間は、生まれたときには、まことに無力である。したがって、もし最初の人間の子供が自力でこの世にやってきたとすれば、その子は、すぐに死んでしまっただろう。だから、人間は、も

っと自活力のある子を持つ動物から発展してきたのだろう、とアナクシマンドロスは述べている。彼は、また、生命は泥のなかから自然に発生してくるものだ、という説を提唱した。彼によれば、最初の動物は、背骨のある魚だったろうという。このような魚の子孫たちのなかに、水を捨てて陸地に上がったものがあり、それが、しだいに形を変えて、いろいろな動物へと進化していった、と彼は考えた。

アナクシマンドロスは、また「世界は無限に存在し、すべての世界に生物が住んでおり、消滅と再生との循環をくり返している」と信じていた。のちになって、聖アウグスチヌスは「アナクシマンドロスは、タレスと同様に、このような絶えまない活動のすべてを、神の御心によるものとは考えなかった」と悲しそうに述べた。

西暦紀元前五四〇年か、その前後に、サモス島では、ポリュクラテスという専制君主が権力を握った。彼は、はじめは料理人だったが、のちには、国際的な海賊となった。彼は、芸術、科学、技術を寛大に保護した。しかし、自分の国の人たちを抑圧し、近隣の国々と戦争を起こし、そして、侵略を受けることを恐れた。そのため、彼は、自分の国の首都を、長さ六キロメートルに及ぶ巨大な城壁で囲んだ。その遺跡は、現在も残っている。遠い泉から、城壁を越えて水を運んでくるために、彼は大きなトンネルを掘るように命じた。それは、長さ一キロメートルに及ぶ、山を貫くトンネルだった。トンネルは、山の両側から掘り進められ、ふたつの穴は、まんなかで、ほとんどぴったりと一致した。この工事は、完成までに一五年かかったが、これは、当時の土木技術のレベルの高さを示すものだし、また、イオニア人たちが、実用的な能力にきわめて秀でて

いたことを示している。
だが、この事業には、もう一つの、もっといやな側面があった。それは、このトンネルが、鎖につながれた奴隷たちの手で建設されたということである。多くの奴隷たちは、ポリュクラテスの海賊船が捕らえてきたものだった。
それは、テオドロスの時代であった。彼は、当時の技術の巨匠であった。彼は、錠や定規や大工用のかね尺、水準器、旋盤、青銅の鋳造法、セントラル暖房法などの発明者として、ギリシャ人たちのあいだでは認められていた。それなのに、どうして、この人物を記念する碑がないのだろうか。
当時、自然の法則について夢みたり、考えたりする人たちは、技術者や工学者とよく話しあった。彼らは、しばしば同一人物であった。理論と実際とは、一体となっていた。
ちょうどそのころ、近くのコス島では、ヒポクラテスが、名高い医学の伝統を確立しつつあった。現在では、ただ「ヒポクラテスの誓い」だけが記憶されているにすぎないが、彼は、実用的で効果的な医学の学派を築き上げた。ヒポクラテスは、いまでいう物理学や化学*の上に医学は築

*原注－そのほか、占星術にも基づかなければならないとヒポクラテスは主張した。当時、占星術は、科学と考えられていた。ヒポクラテスが書き残した代表的な文章は、つぎの通りである。「人間は、恒星がのぼって来るのに対しても身を守らなければならない。特に、シリウスや大角星がのぼるとき、すばるが沈むときには気をつけなければならない」。

かれなければならない、と主張した。しかし、彼の医学にも理論的な面があった。ヒポクラテスは『古代の医術について』という本のなかで、こう述べている。

「人びとは、てんかんを神聖なものと考えている。それは、ただ、てんかんのことを人びとが理解できないからである。しかし、自分たちが理解できないものを、何でも神聖なものだというとしたら、神聖なものが無限に存在することになるだろう」

**空気も見つけた**

やがて、イオニア人の考え方や実験をする習慣などは、ギリシャ本土やイタリア、シチリア島などへと広がっていった。

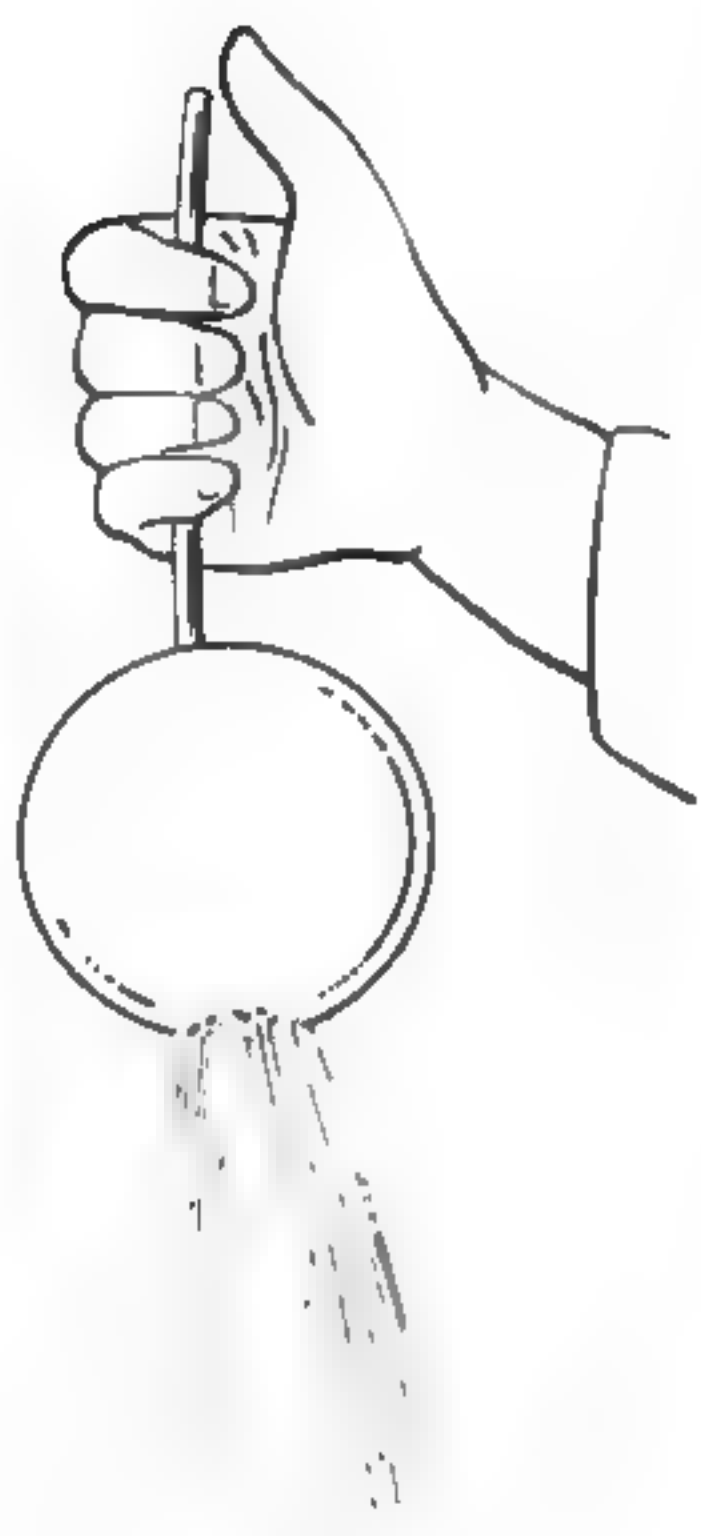
昔、空気の存在を、ほとんどだれも信じない時代があった。その当時の人びとも呼吸のことは、もちろん知っていた。そして、風は神様の呼吸であると考えた。しかし、静止した、目に見えない物質としての空気のことは、だれも想像しなかった。

だが、西暦紀元前四五〇年ごろに活躍したエンペドクレスという名の医者が、空気についての実験を行った。それは、記録に残っている実験のなかでは、最初のものだった。

「彼は、自分のことを神様だと思っていた」と主張している文献もある。しかし、これは、彼があまりにも利口だったので、まわりの人たちが、彼のことを神様と考えた、ということなのだろう。

彼は「光は非常に速く伝わるが、無限に速いわけではない」と信じていた。彼は、また「かつて、地球上には、いまよりもはるかに多くの種類の生物がいたが、その多くの種類の生物は子供を作ることができず、自分の種族を維持してゆくことができなかった。存在するすべての種の動物について言えることだが、その動物が出現して以来、その体格、勇気、速さのいずれかが、その動物を守り、保護してきた」と教えた。

エンペドクレスは、アナクシマンドロスやデモクリトスと同じように、生物が自分たちの環境にみごとに適応することを説明しようと試みたが、これは、自然選択による進化という、ダーウィンの偉大な考えの一部を、はっきりと先取りしたものであった。

エンペドクレスは、人びとが何世紀にもわたって使ってきた台所用品を使って実験を行った。それは「クレピシドラ」と呼ばれていたもので、俗に「水どろぼう」ともいわれており、台所で、ひしゃくの代わりに使われていた。それは、真鍮で作った球形のもので、上のほうには、穴のあいた細い短い筒があり、底には、小さな穴がいくつかあけてあった。これを、水中に入れると、なかに水がはいる。それを水中から取り出すとき、短い筒をあけっ放しにしておくと、水は、底の小さな穴から、まるでシャワーのように流れ出る。

クレピシドラ

＊原注＝この実験は、血液循環についてのまったく誤った理論を支持するためのものだった。しかし、自然のことを証明するために実験を行うという考えは、重要な革新であった。

しかし、短い筒のところを親指で閉じて水中から取り出せば、水は、球のなかにとどまっており、親指を離したとき、はじめて流れ出る。

もし、短い筒のところを親指でおさえたまま、球を水中に入れて、水を球のなかに入れようと思っても、何事も起こらない。なにか物質が、水のはいるべきところにあるに違いない。しかし、私たちは、そのような物質を見ることができない。いったい、なにがあるのだろうか。

エンペドクレスは「空気以外にはあり得ない」と主張した。私たちの目には見えないものが圧力を及ぼしていて、もし、私たちが短い筒のところに指をあてたままにしておくと、球のなかに水を満たすことはできないのである。エンペドクレスは、目に見えないものを発見した。空気は非常に小さな形に分かれているので、見ることができないのだろう、と彼は考えた。

エンペドクレスは、神を崇拝するあまり、巨大な火山であるエトナ山の頂上の火口のなかの溶岩に飛び込んで死んだ、といわれている。しかし、彼は、地球物理学の観測を行おうと、大胆にも先駆的な冒険を試み、足をすべらせただけだろう、と私はときどき考える。

## デモクリトスの原子論

原子が存在する、というこのヒント、この思いつきは、デモクリトスという男によってさらに発展させられた。この男は、ギリシャの北部にあった、イオニアの植民地アブデラの出身だった。そのころ、アブデラは、物笑いの種にされていた。もし、あなたが、西暦紀元前四三〇年に生きていて、アブデラから来ただれかについて話をすれば、あなたは確実に人びとの笑いを引き出す

ことができただろう。アブデラは、ある意味でニューヨーク市内の片いなかブルックリンみたいなものであった。

デモクリトスにとって、人生とは、楽しみ、理解することであった。楽しむことと理解することとは、同じであった。「お祭りのない人生とは、宿屋のない長い道中のようなものだ」と彼は述べている。

デモクリトスは、アブデラの出身ではあったが、しかし、まぬけではなかった。数多くの世界が、宇宙空間に広がった物質から自動的にできて発展し、そして滅んだ、とデモクリトスは信じた。

当時、だれも衝突クレーターのことは知らなかったが、デモクリトスは「いくつもの世界が、ときどき衝突する」と信じた。「いくつかの世界は、宇宙の暗黒のなかを孤独にさまよい歩き、ほかの世界は、いくつもの太陽や月を引きつれている。ある世界には生物が住み、ほかの世界には、植物も動物も、水さえもない。もっとも簡単な生物は、原始時代にしみ出した水からできてきたものだ」と、デモクリトスは信じた。

また、たとえば「私はペンを手に持っている」と考えるような、感覚と理性とは、純粋に物理学的、機械的な出来事だ、と彼は考えた。考えたり感じたりすることは、十分精密に複雑に、組み立てられた物質の特性によるものであって、神様が物質のなかに注入した霊魂のせいではない、というのであった。

デモクリトスは「アトム（原子）」という言葉を発明した。これは、ギリシャ語で「切ることが

できない」という意味である。原子は、究極の粒子であり、それをもっと小さなかけらに分割しようとする試みは、永久に成功しない、というのであった。すべてのものが、原子の集合体であり、原子が絶妙に組み合わされたものだった。私たちだって、原子の集まりなのだ。「原子と空間以外には何ものも存在しない」と、デモクリトスはいった。

私たちが、ナイフでリンゴを切るときには、ナイフの刃は、原子と原子のあいだの、なにもない空間を通っている、とデモクリトスは主張した。もし、そのような、からっぽの空間が存在しなければ、ナイフは、貫くことのできない原子にぶつかり、リンゴは切ることができない。

いま、円錐を輪切りにすることを考えよう。このとき、二つの断面を比べてみよう。切り出された二つの断面は同じだろうか。円錐の斜面のようすから考えて、断面の一方は、もう一つの断面よりも、わずかだが面積が小さいはずである。切り口の断面積を確実に同じにするためには、上方の直径が小さくなる円錐ではなく、どの高さでも直径の等しい円筒にしなければならない。円錐の場合は、ナイフがどれだけよく切れても、二つの断面積は同じにはならない。なぜだろうか。非常に小さな尺度でみると、物質は、どうしても、いくらか粗い面がある。この微小な尺度の粗い面を、デモクリトスは原子の世界とみなした。

彼の主張は、今日の私たちの一般的な考えとは異なっている。しかし、デモクリトスの主張は、微細をきわめ優雅であり、日常の生活から引き出されたものだった。そして、彼の結論は、基本的には正しかった。

同じような考えに基づいて、デモクリトスは、円錐やピラミッドの体積を計算しようと試みた。

それは、非常に小さな板を数多く積み上げたとして計算する方法だ。もちろん、底面に近いところは面積が大きく、頂点に近づくにつれて狭くなるように積んでゆく。彼は、数学者が「極限の理論」と呼んでいる問題を述べたのであった。彼は、微分法と積分法とのドアをノックしていた。この二つの計算法は、世界を理解するための基本的な道具だが、文献で見る限り、アイザック・ニュートンの時代になるまで発見されなかった。デモクリトスの研究の成果は、のちに、ほとんど完全に破棄されてしまったが、もしそういうことがなければ、微分法や積分法は、キリストの時代までには、おそらく完成していただろう。*

デモクリトスは「天の川は、主として星が密集してできたものだ」と信じていた。一七五〇年になって、このことを知ったトーマス・ライトは、つぎのように書いている。

「光学の進歩がもたらした恩恵によって、天文学が多くの収穫をあげるようになったときよりも、ずっと前に、彼は理性の目によって、無限のかなたを十分に見ていた、ということができる。もっと進んだ時代の、もっとも有能な天文学者が見たのと同じものを、デモクリトスは見ていた」

女神ヘラの乳を超え、夜の背骨のはるかかなたまで、デモクリトスの心は飛んでいった。デモクリトスは、いささか変わった人物だったようである。女性と子供とセックスとは、彼を

＊原注＝微積分法の壁は、のちにエウドクソスとアルキメデスによっても破られた。

まごつかせた。なぜなら、それらは、思索のための時間を奪うからであった。しかし、彼は友情を大切にし、陽気に暮らすことが人生の目標であると考えていた。そして、彼は、「熱狂」の起源と性質とについて、大がかりな哲学的研究を行った。

彼は、ソクラテスに会うためにアテネに旅をした。しかし、あまりに気遅れして、ソクラテスに自己紹介をすることができなかった。彼は、医学の父ヒポクラテスの親しい友達でもあった。彼は、物質的な世界の美しさと優雅さとを畏敬していた。

彼は「たとえ貧乏であっても民主政治のほうが、専制政治のもとでの豊かな暮らしよりもよい」と感じていた。

彼は、そのころ流行していた宗教は悪であり、不滅の霊魂も、不滅の神様も存在しない、と信じていた。彼は言った、「原子と空間のほかには、なにも存在しない」と。

デモクリトスが、自らの意見のゆえに迫害された、という記録はない。しかし、彼は、つまるところ、アブデラの出身者だった。

イオニア地方の人たちは、慣習に反する意見に対しても寛容であったが、そのような傾向は長くは続かなかった。デモクリトスの時代には、風化し始め、崩壊し始めていた。慣習に反する意見を持つ人たちは、罰せられるようになってきていた。

現在、ギリシャの一〇〇ドラクマ紙幣にはデモクリトスの肖像画が印刷されている。しかし、デモクリトスが生きていたころには、彼の考えは抑圧され、歴史に対する彼の影響は小さなものとなった。神秘思想が勝利を得はじめていたのである。

## 物質主義と実験主義

アナクサゴラスは、イオニアの実験家であった。彼は、アテネに住み、西暦紀元前四五〇年ごろに活躍した。彼は裕福だったが、自分の富には無関心で、科学に情熱を燃やした。「人生の目的は何ですか」とたずねられたとき、彼は、「太陽と月と天の研究だ」と答えた。それは、ほんとうの天文学者の答えであった。

大きな容器のなかに、たとえばコーヒーのような色の濃い液体が入っているとき、クリームのような白い液体を一滴だけ入れてみても、色は、目で見てわかるほどには薄くならない。アナクサゴラスは、このような賢明な実験をしてみた。そして、感覚では直接知り得ないような微妙な変化でも、実験をすれば推論することができる、と考えた。

アナクサゴラスは、デモクリトスほどに過激ではなかった。しかし、ふたりとも、徹底した物質主義者であった。とはいっても、財貨を持ちたがる物質主義者ではなく、「世界を支えているのは物質だけだ」と主張する物質主義者であった。

アナクサゴラスは、特別な「心の物質」があると信じ、原子があるとは考えなかった。また、彼は「人間がほかの動物より賢いのは、手があるからだ」と信じていた。これは、まことにイオニア的な考えだ。

月は、光を反射して輝いている、とはじめてはっきり述べたのは、アナクサゴラスであった。彼は、月の満ち欠けについての理論も考え出した。この理論は、きわめて危険なものだったので、

手書きの原稿は、こっそりと回覧しなければならなかった。それは「アテネの地下出版」ともいうべきものだった。

月の満ち欠けや月食を、地球、月、自ら輝く太陽の、相互の幾何学的な位置関係によって説明することは、当時の偏見と歩調を合わせることではなかった。二世代も後のアリストテレスは「月の満ち欠けや月食は、月にそういう性質があるから起こるのだ」と述べて満足していた。それは、ただ言葉のごまかしにすぎず、なにも説明してはいなかった。

そのころ広く信じられていたのは「太陽と月とは神様だ」という考えだった。しかし、アナクサゴラスは「太陽と星とは、燃える石だ」と考えた。星の熱を私たちが感じることができないのは、それらが、あまりに遠く離れているからである。

彼は、また「月には山があり、生物が住んでいる」と考えた。「山がある」というのは正しく、「生物がいる」というのは誤っていた。

彼は「太陽は非常に大きく、おそらくペロポネソス地方より大きいだろう」と考えた。ペロポネソス地方というのは、ギリシャ南部の三分の一を占める地域である。彼を批判する人たちは「この見積もりは大きすぎて、バカげている」と考えた。

アナクサゴラスをアテネに連れてきたのは、ペリクレスであった。ペリクレスは、偉大な栄光の時代の指導者であったが、のちに、ペロポネソス戦争のきっかけをつくり、その戦争の結果、アテネの民主政治は崩壊した。

ペリクレスは、哲学と科学とを好み、アナクサゴラスは、彼の第一の親友だった。アナクサゴ

ラスは、ペリクレスの友として、アテネを偉大な国家にすることに大きく貢献した、と考える人たちもある。

しかし、ペリクレスにも、政治的な問題があった。彼自身は、あまりにも強かったので、彼の政敵たちは、彼をじかに攻撃することができず、彼の側近たちを攻撃した。アナクサゴラスは、宗教的な不信心のゆえに有罪と判決され、監獄に送られた。なぜなら、彼は、「月はふつうの物質でできており、そこも一つの場所である。太陽は、空に浮かぶ赤熱した石である」と、人びとに教えたからだった。

ジョン・ウィルキンズ司教は、一六三八年に、これらのアテネ市民たちを批判して、つぎのように書いている。

「これらの熱狂的な偶像崇拝者たちは、彼らの神を石ころにしてしまうのは、不敬な言説であると考えた。しかし、それにもかかわらず、彼らは、石で造った神様の像を崇拝し、石を神様とするほど無神経であった」

ペリクレスは、どうにか画策して、アナクサゴラスを監獄から出すことに成功したようである。しかし、すでに遅かった。

イオニアの伝統は、エジプトのアレキサンドリアでは、二〇〇年ほど後まで引き継がれていった。しかし、ギリシャでは、潮流が変わりつつあった。

タレスからデモクリトスやアナクサゴラスに至るまでの偉大な科学者たちは、歴史や哲学の本のなかでは、一般に「ソクラテス以前の人たち」と記されている。それは、あたかも、彼らの主な役目が、ソクラテス、プラトン、アリストテレスの時代まで、哲学のとりでを守ることにすぎず、ソクラテスたちに対してもわずかな影響しか与えなかったかのような書き方である。

しかし、古代イオニアの哲学者たちは、ソクラテスたちとは、大きく食い違う別な考え方を代表しており、その考え方は、現代の科学の考え方と、よく一致するものであった。

彼らの影響が、たかだか、二世紀か三世紀しか続かなかったことは、イオニアの目ざめの時代からイタリアのルネサンスの時代までの間に生きたすべての人類にとって、取り返しのつかない損失であった。

### 純粋思考に頼った一派

サモス島と関係のあった人物のうち、もっとも影響力があったのは、おそらくピタゴラス*であろう。彼は、西暦紀元前六世紀のポリュクラテスと同じ時代の人間であった。

彼は、地方の伝統に従って、一時期、サモス島のカーキス山のほら穴のなかで暮らした。彼は、「地球は球である」と推論したが、それは、世界史のなかで最初のことであった。おそらく、彼は、月や太陽の形から類推したか、月食のとき月面にうつる地球の影の曲線から類推したか、あるいは、サモス島を出ていく船が、水平線のかなたに消え、マストの先端が最後に見えなくなることから類推したのだろう。

彼か、あるいは彼の弟子たちかが「ピタゴラスの定理」を発見した。「直角三角形の短い辺の二乗の和は、長い辺の二乗に等しい」という、あの定理である。ピタゴラスは、この定理の実例をあげて説明しようとはしなかった。彼は、ものごとを一般的に証明するための、数学的演繹法を開発した。現代の数学的な議論の進め方は、すべての科学にとって不可欠なものだが、この議論の仕方は、ピタゴラスに負うところが大きい。

秩序があり調和のとれた宇宙、人間が理解することのできる宇宙を示すのに「コスモス」という言葉を最初に使ったのもピタゴラスだった。

宇宙の裏に隠されている調和は、観察と実験とによって知ることができる、とイオニア人たちの多くは信じていた。その観察と実験とは、現代の科学においても支配的な方法なのだが、ピタゴラスは、まったく異なる方法を用いた。

彼は「自然の法則は、純粋な思考によって導き出すことができる」と、人びとに教えた。彼と、

＊原注＝西暦紀元前六世紀は、地球のあちこちで、すばらしい知的、精神的な発酵現象が起こった時代だった。それは、イオニアでタレス、アナクシマンドロス、ピタゴラスやその他の哲学者たちが活躍した時代であるだけでなく、エジプト王ネコが、水夫たちにアフリカ一周の航海をさせた時代でもあり、ペルシャに宗教改革者ゾロアスターが登場した時代でもある。中国には孔子や老子が現れ、イスラエル、エジプト、バビロニアでは、ユダヤ人の予言者が現れ、インドでは仏教の祖である釈迦が現れた。このような活動が、おたがいにまったく無関係だったとは、とても信じられない。

彼の弟子たちは、基本的には、実験家ではなかった。彼らは、数学者であった。そして、彼らは、徹底した神秘主義者であった。*

バートランド・ラッセルは、情け容赦なく、つぎのように書いている。

「(ピタゴラスは) 宗教を創始した。その宗教の主な教義は、魂の再生と、豆を食べることの罪深さとであった。彼の宗教は、儀式として具体化され、あちこちで国家の保護を受け、聖者の規則を確立した。しかし、この宗教に帰依した人たちも豆を食べたがり、遅かれ早かれ、宗旨にそむいた」

### 実験をさげすむ風潮

ピタゴラス派の人たちは、数学的な証明の確かさのなかに、喜びを感じた。また、純粋で汚れのない世界に人間が近づきうるという感覚や、直角三角形の各辺が単純な数学的関係に完全に従う、といった調和のとれた「コスモス」のなかにも、喜びを感じた。

それらは、無味乾燥な世界の、ごたごたした現実とは、はっきり区別できるものであった。彼らは、自分たちの数学のなかに、完全な世界である神の領域をかいま見たと信じた。私たちの住みなれた世界は、神様の世界の不完全なうつし絵にすぎないと、彼らは信じた。

プラトンの「ほら穴のたとえ話」は有名である。罪人が、ほら穴の奥の壁に面して鎖でつながれている。彼らは、ほら穴の前を通り過ぎる人たちの影しか見ることができず、そのため、その

影こそ現実であると信じている。そして、自分たちが首を回しさえすれば、複雑な現実が見えるのに、そうすることさえ、決して思いつかない。そういうたとえ話である。
このように、ピタゴラス派の人たちは、プラトンと、のちのキリスト教徒たちに、強い影響を及ぼした。彼らは、対立する意見を自由にたたかわせることを奨励しなかった。それどころか、ほかの正統派の宗教がすべてそうであるように、彼らも戒律をきびしくした。したがって、彼らは、自らの誤りを正すことができなかった。キケロは、つぎのように書いている。
「討論するときに必要なのは、議論の強さであって、権威の重さは、それほど大切ではない。事

＊原注＝しかし、いくつかの例外はあった。ピンと張った弦は、その長さが整数の比に従うときに、調和のとれた音を発するが、ピタゴラス派の人たちは、この事実に魅せられていた。これは、明らかに観察や実験によって知られたことであったと思われる。実験家だったエンペドクレスも、少なくとも部分的にはピタゴラス派に属していた。
ピタゴラスの弟子のひとりであったアルクマイオンは、人体を解剖した最初の人として知られている。彼は、動脈と静脈とを区別し、視神経と耳管とを発見し、脳が知能の座であることをはっきりさせた（この主張は、のちにアリストテレスによって否定された。アリストテレスは、心臓が知能の座であると主張した。だが、のちにアレキサンドリアのヘロフィロスが、アルクマイオンの説を復活させた）。アルクマイオンは、発生学も創始した。しかし、のちの時代のピタゴラス派の人たちの大部分は、アルクマイオンが抱いたような、不純なものへの関心は、持ち合わせなかった。

実、教えることを職業としている人たちの権威は、学びたいと思っている人たちにとって、しばしば相当な障害となっている。生徒たちは、自分自身で判断することをやめ、自分たちが選んだ先生の判決を聞いて、それで問題は解決したと考えてしまう。事実、私は、ピタゴラス派の人たちの伝統的な教えかたを認める気にはなれない。彼らは、議論のなかで出てきた主張の根拠を問われると、『先生がそう申された』と答えるくせがついているということだ。その「先生」とは、ピタゴラスのことである。すでに決着のついた意見があまりにも強力なので、理性に裏打ちされない権威がはびこることになっている」

ピタゴラス派の人たちは、正多面体に魅せられていた。それは、対称的な三次元の物体で、すべての面が、同じ多角形になっている。立方体は、正多面体のもっとも単純な例である。それは、六つの面を持ち、それぞれの面は正方形である。

正多角形は無数にあるのに、正多面体は五つしかない。(この命題の証明は、数学的な推理の有名な例である)

正一二面体は、一二の正五角形を面としているが、これについての知識は、ある理由から、彼らにとって危険なものと思われた。それは、宇宙と神秘的に関係づけられていた。

当時、世界は、土、火、空気、水の四つでできていると考えられていたが、ほかの四つの正多面体は、この四つの〝元素〟と、なんとか関係づけられていた。

したがって、五つ目の正多面体は、天体だけにしかない五番目の〝元素〟と関係があるに違い

ない、と彼らは考えた。そして、正一二面体のことは、一般の人たちには、教えないことにした。

ピタゴラス派の人たちは、整数を愛し、ほかのすべての数は、整数から確実に導き出すことができると信じていた。だが、二の平方根（正方形の対角線の長さ）が無理数であることを彼らが発見したとき、整数の教義に危機が訪れた。$\sqrt{2}$は、二つの整数の比では正確に表すことができなかった。その整数をどのように大きくとってもだめだった。皮肉なことに、この発見は、ピタゴラスの定理を使ってなされた。

「無理数（irrational）」というのは、もともとは「整数の比で表せない数」というだけの意味だった。しかし、ピタゴラス派の人たちにとっては、それは、何か恐ろしいことであった。彼らの世界観が無意味であることを示しているかのようであった。そのため、「無理数」という言葉は「不合理な」という意味を持つようになった。

ピタゴラス派の人たちは、$\sqrt{2}$と正一二面体という数学上の重要な発見を、みんなで分かちあうとはせず、その知識を抑えようとした。ピタゴラス派以外の人たちには、それらは教えなかった。*

現在でも、科学の普及や大衆化に反対する科学者たちがいる。神聖な知識は、神殿のなかに納

*原注 ピタゴラス派のヒッパソスという学者は、正一二面体の秘密を「一二の五角形を持つ球」として発表した。彼は、のちに海難事故で死んだが、ピタゴラス派の彼の同僚たちは「神罰が当たった」と言ったという。ヒッパソスの本は残っていない。

めておくべきもので、大衆が理解することによって汚されてはならない、というのである。
ピタゴラス派の人たちは「球は完全である」と信じていた。球面上のすべての点が、中心から等しい距離にあるからだった。円もまた完全であった。そして、ピタゴラス派の人たちは「惑星は円の軌道にそって、いつも同じ速さで動いている」と主張した。惑星が、軌道上の位置によって、ゆっくり動いたり、速く動いたりするのは、かっこうが悪い、と彼らには思われた。円でない運動は、どこかに欠陥があり、惑星の運動にはふさわしくない、と彼らは考えた。惑星は、不完全な地球の影響を受けず、完全であると思われた。
ヨハネス・ケプラーが生涯をかけた研究のなかには、ピタゴラス派の伝統に対する賛成論と反対論とを、はっきりと見ることができる。(第三章)
完全で神秘的な、感覚によっては知り得ない世界についてのピタゴラス派の考えは、初期のキリスト教信者たちによって、すぐに受け入れられた。そして、それは、ケプラーが若いころに受けた教育のなかにも組み込まれていた。
ケプラーは、一方では「自然のなかには、数学的な調和が存在する」と確信していた。彼は「宇宙は、調和ある比率によって飾られている」と書いている。また、彼は「惑星の運動は、簡単な数的関係によって決められている」と確信していた。
そのほか、ピタゴラス派の考えに従って、彼は、長いあいだ「惑星の運動としては、均一な円運動しか許されない」と信じていた。しかし、彼は、このような考えでは、観測された惑星の運動を説明できないことを、何度となく発見した。そして、何度も同じ計算をくり返した。

だが、数多くのピタゴラス派の学者たちとは違って、ケプラーは、現実の世界についての観測と実験とを信じた。つまるところ、惑星の見かけ上の運動の精密な観測データを調べて、彼は、円形軌道の考えを捨て、「惑星は長円形の軌道にそって動いている」ということを認めざるを得なくなった。

ケプラーは、ピタゴラスの教義に魅せられて、惑星の運動の調和ある法則を探し出そうと努力し、その教義のために、ほんとうの軌道の発見を一〇年以上も遅らされてしまった。

実用的なことを軽視する風潮は、古代の世界に満ち満ちていた。プラトンは、天文学者たちに対して「天についてよく考えるように」と言い、「天の観測によって時間をむだにしないように」と述べている。

アリストテレスは、こう信じていた。「下層の人間は、生まれながらにして奴隷である。すべての下級の人間と同じように、奴隷たちは、主人の規則に従うほうがよい。奴隷たちは、主人と生活をともにしているのだ。職人たちは、主人とあまり密接にはつながっていないが、彼らも奴隷になれば、それに比例して腕が上達するものだ。もっと身分のいやしい機械工は、また特別の違った奴隷仕事を持っている」。

プルタークは、こう書いている。「その仕事を、あなたが喜んでやったとしても、その仕事をした人が尊敬に値する、とは必ずしもいえない」。

クセノフォンの意見は、こうであった。「機械術と呼ばれるものは、社会的な汚れをもたらす。したがって、私たちの街では、不名誉なことだとされている。それは当然なことである」。

このような態度の結果として、輝かしく、将来性に富んでいたイオニア人たちの実験的方法の大部分は、二〇〇〇年のあいだ放棄されることになった。
　実験をしなければ、対立する仮説のなかから正しいものを選ぶことができないし、科学を進歩させることもできない。
　ピタゴラス派の人たちの、反経験的な傾向は、今日まで生き延びている。だが、なぜだろうか。実験を毛ぎらいする傾向は、どこからきたのだろうか。

**科学を滅ぼした奴隷制度**

　古代科学の衰退については、科学史家のベンジャミン・ファリントンが、次のように説明している。
　商業を大切にする伝統がイオニアの科学を生んだけれども、その伝統は、奴隷経済をも生んだ。奴隷を持つことは、富と権力への道であった。ポリュクラテスの城壁は、奴隷たちによって建設された。ペリクレスやプラトンやアリストテレスの時代のアテネには、数多くの奴隷がいた。アテネの人たちの民主主義に関する大胆な話は、少数の特権階級の人たちだけにあてはまることだった。
　奴隷たちがやっていた典型的な仕事は、手を使う労働であった。科学の実験も、手を使う労働であったが、奴隷をかかえている人たちは、手作業からは特権的に遠ざかっていた。奴隷を持つ人たちは、いくつかの社会では、上品に「紳士」と呼ばれていた。科学の研究をする余暇を持っ

ていたのは、その人たちだけだった。したがって、ほとんどだれも科学の研究をしなかった。

イオニアの人たちは、ある種の巧妙な機械を作る能力を完全に身をつけていた。しかし、奴隷を使えるようになったため、技術開発への経済的な刺激が、しだいに衰えていった。

商業重視の傾向が、西暦紀元前六世紀のころ、イオニアの人たちの目をさまさせたが、その後発達した奴隷制度のために、二世紀ほどののちには、イオニアの科学は衰退していった。これは、大きな皮肉であった。

同じような傾向は、世界のあちこちに見られる。たとえば、中国独自の天文学は、西暦一二八〇年ごろに頂点に達した。それは、郭守敬の働きによるもので、彼は、一五〇〇年にわたって蓄積された観測データを基盤とし、天体観測の道具や、計算のための数学的な技術を改良した。しかし、中国の天文学は、そのあと急速に衰退した、と一般に考えられている。なぜだろうか。ネーサン・シビンは、その理由として「(少なくとも、部分的には)上層階級の態度が融通のきかないものになり、そのため、教育を受けた人たちは、技術に対して好奇心を持たなくなり、科学を、紳士にふさわしい仕事として評価しようとしなくなったからだろう。しかも、天文学者の職は、世襲されるようになった。世襲というのは、ものごとの進歩には不向きな制度である」と述べている。

そのうえ「天文学は、宮廷の仕事であり、しかも、それは、おおかた外国の技術者たちにまかされていた」という。その外国の技術者たちというのは、主としてイエズス会の修道士たちだった。彼らは、ユークリッドやコペルニクスの本を中国人に紹介した。中国人たちは、それを見て

驚いた。しかし、中国人たちは、コペルニクスの本を調べたのち、その太陽中心の宇宙論を改変したり、抑圧したりした。それらは、彼らの既得の権利を守るためであった。

インドやマヤやアステカの文明にとっては、科学は、死んで生まれた子供のようなものであった。それは、イオニアで科学が衰退したのと同じ理由で、そうなったのだ。それらの社会には、奴隷経済が行きわたっていた。

現代の第三世界の大きな問題は「教育を受けるのは、現在の地位を既得の権利としている豊かな階級の子供たちだけだ」ということである。彼らは、手を使って働くことに慣れていないし、伝統的な知恵に挑戦することにも慣れていない。したがって、それらの国々では、科学は、ゆっくりとしか根をはらないだろう。

プラトンとアリストテレスは、奴隷社会のなかで快適に暮らしていた。彼らは、奴隷を抑圧することを正当化する議論も展開した。彼らは、専制君主に奉仕した。彼らは「心とからだとは分離する」と人びとに教えた（それは、奴隷社会では当然な理想だった）。彼らは、また、思想と物質とは別なものと考えた。彼らは、地球と天とを離婚させた。このような〝分離〟の思想は、その後二〇世紀以上にわたって、西欧の人たちの考え方を支配した。

プラトンは「すべてのものに神が満ちている」と信じていたが、自分の政治学と宇宙学とを結びつけるにあたって、事実、奴隷をたとえ話に使った。彼は、デモクリトスの本はすべて焼くようにと人にすすめたといわれている（同じように、ホメロスの本も焼けといったという）。それは、おそらく、デモクリトスが不朽の霊魂とか不朽の神とか、ピタゴラスの神秘主義とかを認め

なかったからだろう。あるいは、世界は無限に存在すると、彼が信じていたからかもしれない。

デモクリトスは、人間の知識のすべてについて七三冊の本を書いたといわれているが、それは、ただの一冊も残っていない。私たちは、いくつかの断片と、二次的な資料からデモクリトスの考えを知ることができるだけである。残っている断片は、主として倫理学に関するものだ。

古代イオニアの科学者たちのほとんどすべてについて、同じことがいえる。

**史上最初の地動説**

「宇宙は知り得るものだ」とピタゴラスとプラトンは認識した。「自然には、数学的な基礎がある」と彼らは考えたが、これは、科学を大いに進歩させた。しかし、都合の悪い事実を抑えたり、「科学はわずかな上流階級の人たちだけのものにすべきだ」と考えたり、実験をきらったり、神秘主義を信じたり、奴隷社会を容易に受け入れたり、といったことで、彼らは、人類の大きな試みだった科学を後退させもした。

神秘主義的な眠りが、それから長く続いた。科学的な研究の道具は、朽ちはてていた。イオニアの人たちの考え方は、アレキサンドリアの図書館にいた科学者たちによって、部分的に伝えられてはいたが、全体としては長い眠りについていた。しかし、それは、ついに再び発見された。西欧世界は、再び目ざめたのである。実験と、公然たる研究とが、いま一度、尊敬されるようになってきた。忘れられていた本や断片が、もう一度読まれた。レオナルド・ダ・ビンチやコロンブス、コペルニクスたちは、このような古代ギリシャの伝統に刺激されたり、あるいは、それと

は別に、古代ギリシャの伝統を独自になぞったりした。

現代にも、イオニアの科学は生きている。イオニアの政治や宗教は生き残ってはいないけれども、大胆で自由な探究の精神は、いまもかなり生きている。しかし、いまでも、ぞっとするような迷信や、どうしようもない倫理的なあいまいさが残っている。私たちもまた、古代にあったのと同じ矛盾に悩まされている。

プラトン派の人たちと、その後継者たちであるキリスト教信者たちは、奇妙な考えを持っていた。「地球は汚れていて、いくらかむかつくが、天は完全であり、神聖である」というのが、それだ。

地球は惑星の一つであり、私たちは宇宙の市民である、という基本的な考えは、拒否され、忘れられていた。

地動説を最初に唱えたのは、アリスタルコスであった。彼は、ピタゴラスより三世紀ほどあとにサモス島で生まれた。アリスタルコスは、イオニアの最後の科学者であった。

この時期には、知的啓発の中心は、アレキサンドリアの偉大な図書館へと移っていた。アリスタルコスは「惑星系の中心は地球ではなく太陽であり、惑星はすべて、地球のまわりではなく太陽のまわりをめぐっている」と主張した最初の人だった。これについて彼が書いたものも、当然のことながら、すべて失われてしまった。彼は、月食のとき月面にうつる地球の影を見て、太陽は地球よりもはるかに大きく、地球から遠く離れている、と推定した。

そして、彼は「太陽のような非常に大きなものが、地球のような小さなもののまわりをめぐっ

ているというのは不合理だ」と考えたのかもしれない。彼は、太陽を中心に置き、地球は自転軸のまわりを一日に一回のわりで回転しながら、一年に一回のわりで太陽のまわりをめぐっている、と考えた。

これと同じ考えを、私たちはコペルニクスという名前と結びつけるが、ガリレオは、コペルニクスのことを、太陽中心説の発明者としてではなく、それを「復活させ確認した人」として書いている。*

アリスタルコスは、西暦紀元前二八〇年ごろに、惑星の配置をはっきりと完全に示したのに、彼からコペルニクスにいたる一八〇〇年ほどのあいだ、だれも惑星の正しい位置を知らなかった。

地動説は、アリスタルコスの時代の人たちを怒らせた。アナクサゴラスやジョルダーノ・ブル

*原注＝コペルニクスは、アリスタルコスのことを読んで、太陽中心説の考えを得たのかもしれない。コペルニクスはイタリアの大学の医学部に留学したことがあるが、当時使われていた古典的な教科書が最近見つかった。それらの教科書は、当時、大きな興奮を呼んだことだろう。コペルニクスは、自分の本の原稿のなかには、アリスタルコスが地動説を先に唱えたことを書いていたが、本として印刷するときには、その部分を削った。コペルニクスは、法皇パウロ三世にあてた手紙のなかに、こう書いている。「キケロによれば、ニケタスは『地球は動いている』と考えていたそうです。……（アリスタルコスのことを論じた）プルタークによれば、ほかにも同じ意見を持つ人があったということです。……したがって、私はそれについて、可能かどうかを考えました。そして、私自身、地球は動くものだ、ということについて考え始めました」。

ーノやガリレオに対して、反対の声があがったのと同じように、「アリスタルコスを不敬の罪で罰せよ」という叫び声があがった。

アリスタルコスやコペルニクスに対する抵抗は、毎日の暮らしのなかで経験する地球中心の感覚に基づくものだが、そのような抵抗は、私たちのなかにも、まだ残っている。私たちは、いまでも、太陽が「のぼり」、太陽が「沈む」といっている。アリスタルコスの時代からすでに二二〇〇年もたっているのに、私たちの使う言葉は、いまも地球は動かないかのようである。

## 星は遠くの太陽か

「太陽はペロポネソス半島と同じくらいの大きさだ」という説を聞いたとき、ギリシャの人たちは怒ったが、地球から惑星までの距離がそれぞれ異なるという説を聞けば、彼らはびっくりするだろう。事実、地球と金星とは最接近のときでも四〇〇〇万キロ離れているし、冥王星までは六〇億キロも離れている。しかし、当時は、太陽系は、もっともっと小さく、地域的なものだと考えるほうが、自然であった。

いま、自分の指を目の前に置いて、はじめに左の目だけで見て、つぎに右の目で見るとしよう。この場合、指の向こうのものを基準とすると、手は動いたかのように見える。指が目に近ければ近いほど、より大きく動いたかのように見える。この見かけの動き（視差）の大きさから、私たちは指までの距離を知ることができる。

もし、私たちの左右の目が、たがいにもっと離れていれば、私の指は、もっと大きく動いたよ

うに見えるだろう。私たちが二度の観測を行うときの距離（基線）が長ければ長いほど視差は大きくなり、私たちは、遠く離れたものまでの距離をよりよく測ることができる。
さいわい、私たちは、地球という動く観測台の上に住んでいる。地球は、六カ月ごとに、軌道の一方の端からもう一方の端へと動いてゆく。その両端の間の距離は約三億キロである。もし、私たちが、動かない同じ天体を、六カ月のあいだを置いて観測すれば、私たちは、非常に大きな距離を測ることができる。
アリスタルコスは、恒星は、遠く離れた太陽ではなかろうか、と考えた。彼は、私たちの太陽を恒星のあいだに置いてみた。この場合、地球が動いても、検出できるような恒星の視差は検出できなかった。これは、恒星が太陽よりもはるかに遠いところにあることを示していた。
天体望遠鏡が発明されるまでは、地球にもっとも近い星でも視差が小さすぎて、それを測ることはできなかった。恒星の視差が初めて測定されたのは、一九世紀になってからだった。測定ができれば、簡単なギリシャの幾何学によって、距離を算出できるが、それによって、恒星が何光年も離れていることがはっきりした。
恒星までの距離を測る方法は、もう一つある。それは、イオニアの科学者たちも、十分に発見することのできた方法であった。しかし、私たちの知る限りでは、彼らは、その方法を実際には使わなかった。
物体が遠くにあれば、それだけ小さく見える、ということは、だれでも知っている。見かけの大きさと距離との反比例の関係は、絵や写真の遠近法の基礎となっている。

したがって、私たちが太陽から離れれば離れるほど、太陽は、より小さく、よりぼんやりと見えることだろう。太陽が恒星と同じように、小さくかすかに見えるようにするためには、私たちは、太陽からどれほど離れなければならないだろうか。同じことだが、太陽の何分の一のかけらが、恒星と同じ明るさに見えるだろうか。

この問題に答えるための初期の実験は、クリスチアネス・ホイヘンスによってなされた。それは、イオニアの伝統にそった実験だった。

ホイヘンスは、真鍮の板に小さな穴をいくつもあけた。それを太陽の前にかざして、どの穴から見える太陽が、前の晩に観察した明るい星シリウスと同じ明るさであるかを調べた。同じと思われた穴の大きさは、太陽の見かけの大きさの二万八〇〇〇分の一であった。*したがって、シリウスは、地球から太陽までの距離の二万八〇〇〇倍も離れたところにある、とホイヘンスは考えた。それは、約〇・五光年の距離であった。

星を観察したあと何時間もたってから、その星の明るさを思い出すのは、むずかしいことだが、ホイヘンスは、非常によく覚えていた。もし、彼が「シリウスは、もともと太陽より明るい」ということを知っていたなら、彼は、八・八光年という正しい答えを、ほとんどぴったり出したことだろう。

アリスタルコスやホイヘンスが、不正確なデータから不完全な答えを引き出したことは、ほとんど問題ではない。彼らは、自分たちの方法をきわめて明確に説明したので、もっとよい観測データが得られれば、もっと正確な答えを導き出すことができた。

私は、ニューヨーク市のブルックリンで過ごした少年時代に「星はいったい何なのか」という問題をかかえて興奮していたが、アリスタルコスの時代からホイヘンスの時代までのあいだに、人類は、この問題に答えを出した。答えは「星とは巨大な太陽であり、何光年も離れた広大な恒星間宇宙に存在する」というのであった。

アリスタルコスの偉大な遺産は「私たちも、私たちの地球も、自然のなかで特権的な地位にいるわけではない」ということであった。この考えは、それ以来、上は恒星にいたるまで、横は人間の数多くの集団にいたるまで適用され、大きな成功をおさめ、また、変わることない反対を受け続けてきた。天文学、物理学、生物学、人類学、経済学、政治学などが大きく進歩したのは、アリスタルコスのこの考えのおかげである。

このような考えが抑圧された主な理由は、それが社会の問題にもあてはまるからではなかっただろうか。私は、そうだったろうと考えている。

**数えきれないほどの銀河**

アリスタルコスの遺産は、恒星の領域を超えて、はるかに遠いところまで影響を及ぼしている。イギリスの国王ジョージ三世おかかえの音楽家であり天文学者であったウィリアム・ハーシェルは、一八世紀の末に、星空の地図を完成した。そして、天の川のある面には、あらゆる方向に

＊原注　ホイヘンスは、穴を通る光の量を減らすため、実際には穴にガラスの小さな玉をはめこんだ。

同じ数の星があることを発見した。このことから、かれは「私たちは銀河系の中心にいる」*と、推論したが、当時としては、それは合理的な推論だった。

第一次世界大戦が始まる直前に、アメリカのミズーリ州にいたハロー・シャプレーは、球状星団までの距離を測る技術を考え出した。球状星団というのは、数多くの星が、かわいらしい球の形に集まったもので、ミツバチの群れに似ている。

シャプレーは、基準となる明るさの星を発見した。そのような星は、明るさが周期的に変わるからわかるのだが、そのような星の本来の平均の明るさは、いつも同じである。

このような星が遠方の球状星団のなかにあれば、近くにある球状星団のなかの同じ種類の星と比べてどれほど弱々しく見えるかを調べる。それによって、シャプレーは、その星までの距離を計算した。

これは、広い野原のなかで、もともと明るさのわかっているちょうちんの光が、どれほど弱々しく見えるかを調べて、ちょうちんまでの距離を知るのと同じことだし、本質的には、ホイヘンスの方法と同じである。

シャプレーは、数多くの球状星団が、太陽の近くではなく、天の川の遠いところを中心として分布していることを発見した。その中心は、いて座の方向にあった。

彼は、一〇〇個ほどの球状星団を調べたが、それらは、天の川の巨大な中心に敬意を表して、そのまわりをめぐっているかのようだった。それは、きわめてありそうなことだ、と彼には思われた。

一九一五年、彼は勇気を出して「太陽系は私たちの銀河系の中心の近くにあるのではなく、銀河系の端のほうにある」という説を提唱した。
ハーシェルは、まちがいを犯した。なぜなら、いて座の方向には、大量のチリが漂っており、そのチリのかなたに、ものすごい数の星があることをハーシェルは知ることができなかったからである。私たちは、銀河系の中心部から三万光年ほど離れたところにいる。そのことは、いまや、非常にはっきりしている。私たちのいるところは、一本のうず状の腕の先に近く、そこらは、星の密度が比較的小さい。
シャプレーが研究した球状星団のなかには、中心となるような星があり、そのまわりをめぐる惑星には、生物が住んでいるかもしれない。あるいは、球状星団の中心部に近いところに惑星があって、そこにも生物が住んでいるかもしれない。
そういうところに人が住んでいれば、彼らは、私たちを、かわいそうだと思うだろう。なぜなら、私たちが肉眼で見ることのできる星はわずかしかないが、彼らの空は、数多くの星で燃え立つような感じだからである。私たちは、数千個の小さな星しか肉眼では見ることができない。し

＊原注－これは、当時知られていた宇宙の中心に地球があるというのだから、地球に特権的な地位を与えるものである。この考えを支持したA・R・ウォーレス（進化論提唱者の一人）は、アリスタルコスに反対する立場をとり、『宇宙における人間の地位』（一九〇三年）という本のなかで「たぶん、地球だけが、人の住んでいる惑星だろう」と述べている。

かし、銀河系の中心に近いところでは、一〇億個の何百倍もの星が肉眼で見えることだろう。そこでも、一つ、あるいは複数の太陽が沈むかもしれないが、しかし夜は決してやってこない。

一八世紀に生きたダーバンのトーマス・ライトとケーニヒスベルクのイマヌエル・カントは、天体望遠鏡で見たとき、明るく美しく、うず状に見えるものは、ほかの銀河だろうと予測していた。しかし、二〇世紀になってからも、かなり長いあいだ、天文学者たちは、宇宙には、銀河は一つしかないと信じていた。天の川、つまり私たちの銀河系以外には、銀河はない、というわけだ。

カントは「アンドロメダ座のなかにあるM31という星雲（訳注＝アンドロメダ星雲ともいう）は、もう一つの天の川である。それは、ものすごい数の星でできている」と、はっきり述べ、このような星を「島宇宙」という衝撃的な、忘れられない名前で呼ぶことを提案した。だが、科学者たちのなかには「そのようなうず状の星雲は、遠く離れた島宇宙などではなく、比較的近くにある星間ガスの雲である。おそらく凝縮して太陽系になる途中だろう」などという人もあった。

うず状星雲までの距離を知るためには、新しい基準の星として、本質的にもっと明るい変光星が必要であった。そのような星は、一九二四年にエドウィン・ハッブルが、M31のなかに発見したが、それは、きわめて薄暗い星だった。しかし、それによって、M31までの距離はものすごく大きいことが明らかとなった。その距離は、今日、二〇〇万光年よりも少し大きいと計算されている。

もしM31が、これほど遠く離れているならば、これはもう単なる星間ガスの雲ではあり得ない。

それは、はるかに大きくなければならず、それ自身、一つの巨大な銀河であるはずだ。それよりも、ぼんやりとしか見えないほかの銀河は、もっと遠くにあるに違いない。宇宙のはてにいたるまで、宇宙の暗い空間には、そのような銀河が一〇〇〇億個も輝いている。

## 探検をやめてはならぬ

人類が誕生してからずっと、私たちは、自分が宇宙のなかのどこにいるかを知ろうと努力し続けてきた。私たち人類がまだ子供だったころ（私たちの祖先が、いささかぼんやりと星をみつめていたころ）にも、古代ギリシャのイオニアの科学者たちの時代にも、そして、私たち自身の時代にも、「私たちはどこにいるのか」「私たちは何者なのか」という質問の前に、私たちは、いつも立ちすくんできた。

私たちは、つまらない惑星のうえに住んでいることを知った。この惑星は、平凡な恒星のまわりをめぐっており、その平凡な恒星・太陽は、銀河の端のほうに、うず状の二本の腕の間にあり、その銀河は、まばらに散らばって存在する数多くの銀河の一つであり、宇宙のなかの忘れられた片すみに存在する。そして、その宇宙には、人間の数よりももっと多くの銀河が存在する。

このような展望は、天空の模型を考え、テストしようという、大昔からの大胆な試みの延長線上にあるものだ。かつて、太陽は赤熱した石であり、星は天の炎であり、天の川は夜の背骨であり、女神ヘラの乳であったが、それを延長したところに、現代の宇宙観がある。

アリスタルコスの時代から、研究が一歩前進するごとに、私たちは、宇宙劇場の中心的な舞台

から、しだいに遠ざかってきた。新しい発見を一つにまとめる時間的なゆとりは、これまで、あまりなかった。シャプレーやハッブルの発見は、いま生きている多くの人たちが誕生したあとになされたものである。これらの偉大な発見を、ひそかに悲しんでいる人たちもあるだろう。新しい前進は、すべて地球と人間を格下げするものだと考え、心の奥底で「地球は宇宙の中心であり焦点であり、テコの支点であってほしい」と願っている人もあるだろう。

しかし、私たちが宇宙を取り扱おうと思うなら、私たちは、まず宇宙のことを理解しなければならない。もっとましな場所にいたいという私たちの希望が、たとえ踏みにじられることになったとしても、私たちは、まず宇宙の真実を知らなければならない。

私たちがどこに住んでいるかを知ることは、私たちの近くを改善するための、欠くことのできない前提条件である。近くのものが、どんなふうになっているかを知ることも、助けになる。

私たちの惑星・地球が重要なものであってほしい、と私たちが願うなら、そのことについて、私たちにできることが、いくつかある。私たちは、勇敢に問い、奥深い答えを得ることによって、私たちの世界を意義あるものにすることができる。

私たちは、人類がまだ子供だったころに、はじめて抱いた問題をたずさえて、宇宙への旅を始めた。そして、その後のすべての世代の人たちが、衰えることのない驚きの目をもって「星とは何か」と問い直してきた。私たちは放浪者として出発した。そしていまもなお放浪者である。私たちは、宇宙の大洋の浜辺で、長いあいださまよい続けてきた。しかし、ついに、私たちは、恒星への航海に出発できるところまできた。

# 8　時間と空間の旅

「死んだ子供よりも長く生きたものはいない。長寿者・彭祖も若くして死んだ。天と地は私と同じ年だ。そして、万物も私と一つである」

――荘子（西暦紀元前三〇〇年ごろの中国）

「私たちは、夜が恐ろしくなくなるほどに深く星を愛した」

――イギリスのふたりのアマチュア天文家の墓に彫られた言葉

「星は、私たちの目のなかに冷たい物語を走り書きする。それは、征服されたことのない宇宙の、栄光の歌である」

――ハート・クレイン『橋』

**時とともに変わる星座**

上がったり下がったりする波は、部分的には、潮汐現象によって作られている。月と太陽とは、遠く離れたところにあるが、それらの引力の影響は、まったく現実のものであり、この地球上でも見ることができる。

浜辺に出ると、私たちは、宇宙のことを思い出す。そこにある細かな砂粒は、すべて、ほぼ同じ大きさだが、これらは、大きな岩がくずれてできたものだ。岩は、長い年月のあいだ、ゆさぶられ、こすられ、削られ、侵食されてきたのだが、そのようなことをしたのは、遠く離れた月と太陽の力によって起こされた波と天気とであった。

浜辺に出ると、私たちは、時間のことも思い出す。世界は人類よりも、もっと古い、ということを。

手のひら一杯の砂のなかには、一万個ほどの砂粒がある。これは、晴れた夜に肉眼で見ることのできる星の数よりも多い。しかし、私たちが見ることのできる星の数は、宇宙に存在する星の数の、ほんの一部にすぎない。夜、私たちが見ることのできるのは、きわめて近い星のほんの一部にすぎないのだ。

宇宙は、計り知れないほど豊かであり、宇宙にある星の総数は、この地球上のあらゆる浜辺にある砂粒の数よりも、もっと多い。

大昔の天文学者や占星術師たちは、星空に絵を描こうと努力した。しかし、星座というのは、星を気ままに区分けしただけだ。それは、もともと暗い星なのに、近くにあるから明るく見える星と、いくらか遠いところにあるけれども、もともと巨大な星なので明るく見える、という星とを、結び合わせただけである。

地球上のすべての地点が、星からは、ほとんど同じ距離にある。したがって、私たちが、たとえば、ソビエトの中央アジア地区からアメリカの中西部に移っても、特定の星座のなかの星の配

置に変化は見られない。天文学的にいえば、ソビエトとアメリカとは、同じ場所にあるわけだ。どの星座の星たちも、すべて非常に離れたところにあるので、私たちは、地球上にしばられている限り、星たちが三次元に散らばっているように見ることはできない。

星と星との間の平均的な距離は、数光年である。そして、一光年とは、前に述べたように、約一〇兆キロメートルである。星座の形が違って見えるようにするためには、私たちは、星と星を隔てている距離ほど、つまり数光年の距離を旅しなければならない。そうすれば、近くにあるいくつかの星は、星座から飛び出したように見え、ほかの星がその星座のなかに入り込んだように見えるだろう。そして、星座の形は劇的に変わるだろう。

私たちの現在の技術では、このような壮大な恒星間旅行を行うことは、まったく不可能である。少なくとも、当分のあいだ、それは、可能とはならないだろう。

しかし、私たちのコンピューターは、近くの星のすべてについて、その三次元的な位置を私たちに教えてくれる。そして、私たちは、コンピューターの助けによって、たとえば北斗七星のような一群の明るい星のまわりをぐるりと旅して、星座がどう変わるかを見ることができる。

私たちは、天空の点を結んでゆくやりかたで、代表的な星座のなかの星をつないでゆく。私たちの位置が変わるにつれて、その形は、ひどくゆがんで見える。

ほかの惑星に住んでいる生物たちは、私たちが夜空に見ているのとは、まったく違った星座を、彼らの夜空に見ているはずだ。それは、ほかの惑星の生物たちにとって、一つのロールシャッハ・テスト（訳注＝インクのシミを見せ、それが何に見えるかをいわせて性格などを診断する方法）となっ

ているることだろう。

おそらく、今後さらに数世紀たったとき、地球の宇宙船は、すばらしいスピードで、そのような遠いところまで飛んでゆき、コンピューター以外には、だれも見たことのない新しい星座を実際に見ることだろう。

星座の形は、空間的に変わるだけでなく、時間的にも変化する。私たちが、自分のいる場所を変えれば、星座の形は変わるが、同じように、十分な期間じっと待っているだけでも星座の形は変わる。

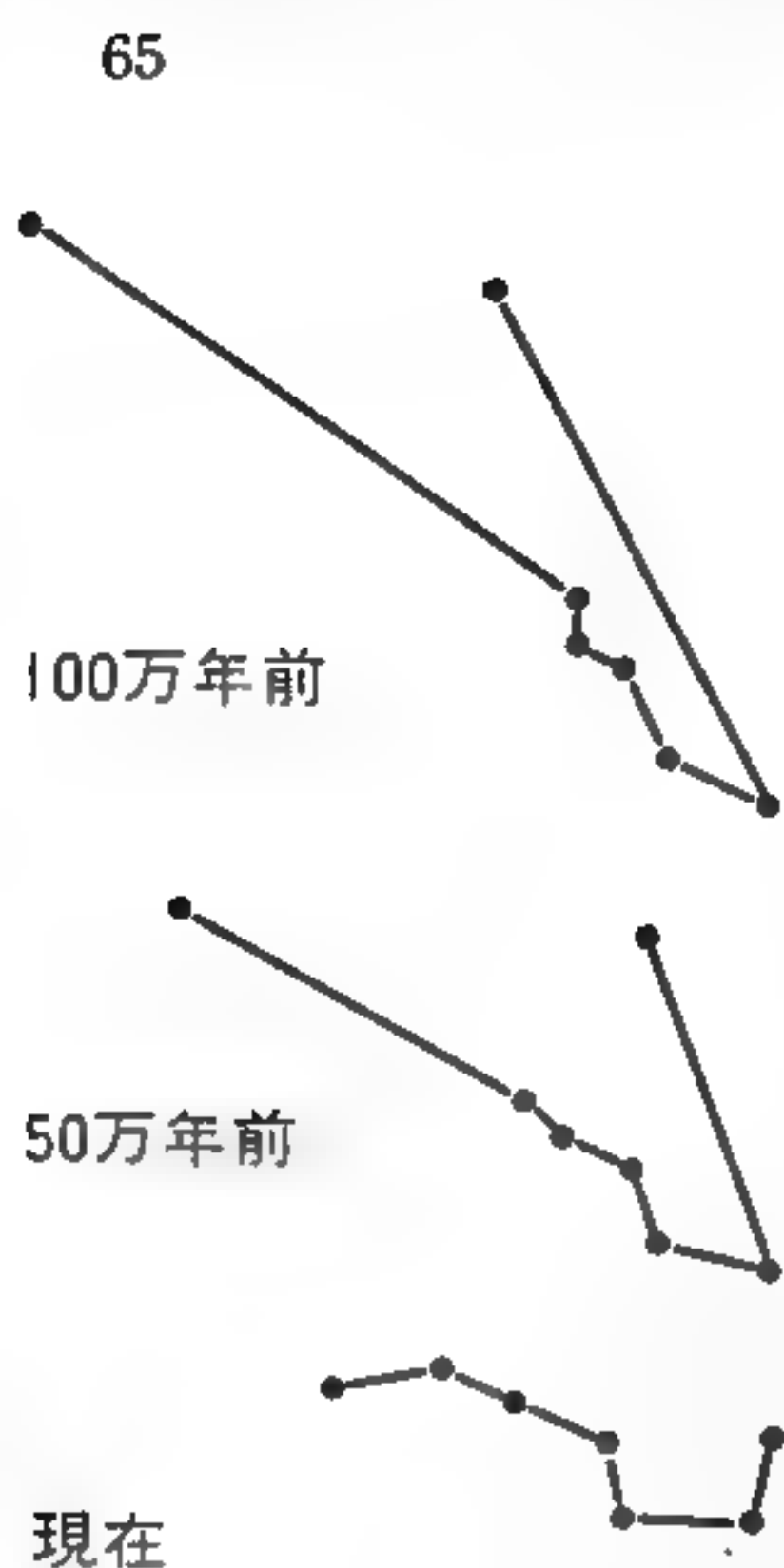
星は、ときには一群となって、あるいは、ひとつの集団をなして移動する。また、あるときには、一つの星が、仲間の星に比べて非常に速く動くこともある。このようなことが起こると、そのような星は、もとの星座を離れて、新しい星座に入る。

ときどき、連星の片方が爆発を起こし、連れの星との間にあった引力の鎖を断ち切って、もとの軌道速度で宇宙のなかへ飛び出すことがある。まるで、投石器で投げられた石のようなものである。

そのうえ、星は生まれ、成長し、そして死ぬ。もし、私たちが長いあいだ待っていれば、新しい星が生まれ、古い星は消えてゆくだろう。夜空の絵はゆっくりと溶けて変わってゆく。

**はるかかなたの星や銀河**

人類がこの地上に現れてから数百万年になるが、そのあいだにも、星座はずっと変わり続けて

きた。
北斗七星は、おおぐま座という名前でも呼ばれているが、いま、この星座のことを考えてみよう。コンピューターは、私たちを空間のなかへだけでなく、時間のなかへも運んでくれる。
いま、北斗七星の七つの星を動かし、過去のなかへとさかのぼっていくと、一〇〇万年ほど前には、この七つの星は、まったく違った形をしていたことがわかる。そのころの北斗七星は、おそらく、頭を二つ持った動物のような形をしていたことだろう。
もし、タイム・マシンが、あなたを、はるか昔の未知の時代に連れていったとしたら、あなたは、原理的には、星座の形をみて、それがいつの時代であるかを知ることができる。もしも、北斗七星が、頭の二つある動物の形をしていたら、それは、洪積世の中期である。
私たちは、コンピューターに対して、時間を未来のほうへと進めるように頼むこともできる。
いま、しし座について考えてみよう。
黄道一二宮というのは、空を一周する一二の星座のことで、太陽は、この一二宮のところを一年かかって旅してゆく。黄道一二宮のことを、英語では「zodiac」というが、これは、動物園を意味する「zoo」から出た言葉である。なぜなら、黄道一二宮の星座は、しし座のように、主として動物の絵になっているからである。
これから先、一〇〇万年もたつと、しし座は、今

100万年前

50万年前

現在

北斗七星の変化

日ほどには、ししの形に見えなくなるだろう。おそらく、私たちの遠い子孫は、この星座を「電波望遠鏡座」と呼ぶことだろう。もっとも、一〇〇万年もたったころには、今日、石ヤリが時代遅れである以上に、電波望遠鏡は時代遅れのものになっているのではないか、と私は思う。

狩り人のオリオンは、黄道一二宮の星座ではないが、これは、四つの明るい星で囲まれており、対角線上の三つの星で二等分されている。その三つの星は、狩り人の腰のベルトを示している。そのベルトからぶらさがるようにして、三つの薄暗い星がある。それらは、伝統的な天文学の投影図法によれば、狩り人オリオンの剣であるとされている。その三つの星のうち、真ん中にあるのは、実は、一つの星ではなく、気体の大きな雲であり、「オリオン星雲」と呼ばれている。そこでは、いくつもの星が誕生しつつある。

オリオン座のなかの多くの星は、熱くて若く、急速に発展しつつあり、超新星と呼ばれる大爆発を起こして、その生命を終えつつある。それらは、何千万年かのあいだに、生まれては死んでゆく。

もし、私たちのコンピューターが、オリオン座を、大急ぎで遠い将来まで持っていってくれれば、私たちは、びっくりするような現象を見るだろう。オリオン座の数多くの星が、生まれ、そして、すばらしい死をとげるのである。それは、まるで、光りまたたく夜のホタルのようである。

宇宙空間の太陽の近いところには、いろいろな星があるが、太陽にもっとも近いのは、ケンタウルス座のアルファ星である。これは、実は、三連星だ。二つの星が、おたがいに相手のまわりをめぐり、三つめのプロキシマという星が、少し離れて、その二つの星のまわりをめぐっている。

プロキシマは、自分の軌道の特定の場所にめぐってきたとき、太陽にもっとも近くなる。プロキシマとは「最も近い」という意味である。

天の星の多くは、連星または多連星になっている。私たちの太陽のような、孤独な星は、例外的な存在である。

アンドロメダ座のなかで二番目に明るい星は「アンドロメダ座のベータ星」と呼ばれているが、これは、七五光年のかなたにある。いま私たちが見ているこの星の光は、恒星間宇宙の暗がりのなかを、七五年も旅して、ようやく地球に達したものである。かりに、この前の火曜日に、このアンドロメダ座のベータ星が大爆発を起こしたとしよう。まあ、そういうことは、めったに起こらないが、かりに起こったとしても、私たちがそのことを知るのは七五年後のことである。大爆発の興味深い情報は、光の速度でやってくるのだが、恒星間宇宙の巨大な距離を旅してくるのには七五年もかかるのである。

私たちがいま見ているアンドロメダ座のベータ星の光は、スイスの特許局で働いていた若いアルバート・アインシュタインが、この地球上で、あの画期的な特殊相対性理論を発表したときに、星間宇宙の長い旅に出たのであった。

空間と時間とは、たがいに、からみ合っている。私たちは、時間をさかのぼってみることなしに、空間をみることはできない。

現在

100万年後

しし座の変化

光は非常に速く走る。しかし、宇宙は非常に空虚であり、星はたがいに離れている。七五光年という距離は、天文学のほかの距離に比べれば、きわめて小さなものである。

たとえば、太陽から銀河系の中心までの距離は三万光年もある。私たちの銀河系から、アンドロメダ座のなかにある、もっとも近いうずまき型銀河M31までの距離は二〇〇万光年である。

いま私たちが見ているM31の光が、地球へ向けて出発したときには、私たちの惑星・地球では、私たちの祖先が、いまの人間へと急速な進化をとげつつあった。しかし、人間と呼べるほどの動物は、まだ地球上には現れていなかった。

地球から、もっとも遠いクェーサー（訳注＝強い電波を発する天体。準星）までの距離は、一〇〇億光年から一五〇億光年ほどもある。私たちが見ている、それらのクェーサーは、まだ地球ができあがらず、まだ天の川ができないころの姿なのである。

これは、天文学的な物体に限られたことではない。しかし、天文学的な物体だけが、非常に遠く離れているので、光の速度の有限性が重い意味を持ってくる。

いま、あなたのガール・フレンドが、三メートル離れた部屋の向こうのすみにいるとしよう。あなたは、彼女の〝現在〟の姿ではなく、一億分の一秒前の〝過去〟の彼女を見ていることになる。（光は一秒間に三億メートル進む。彼女のところから、あなたのところまでは三メートル離れているから、この距離を横切るのには一億分の一秒の時間がかかる）

しかしながら、〝現在〟の彼女と、一億分の一秒前の〝過去〟の彼女とでは、きわめてわずかな違いしかないので、その差を知ることはできない。一方、八〇億光年離れたクェーサーの場合

は、私たちは、そのクェーサーの、八〇億年前の状態を見ている。この事実は、きわめて重要なことかもしれない。(クェーサーというのは、銀河の歴史の初期のころだけに起こった爆発的な現象だろうと考えている人たちもある。その場合、銀河が遠くにあればあるほど、私たちは、歴史のずっと初期の出来事を見ていることになる。私たちは、そのような大昔の出来事をクェーサーとして見ている可能性が強い。おおざっぱな言い方をすれば、事実、その通りであることがわかってきた)

アメリカの恒星間宇宙探測器ボイジャー1、2号は、地球からこれまでに打ち上げられた探測器のなかでは、もっともスピードが大きい。それは、いま、光の速度の一万分の一の速さで飛んでいる。それでも、いちばん近い恒星までの距離を飛ぶのには四万年もかかってしまう。私たちは、地球を離れ、ケンタウルス座のプロキシマ星のところまで、適当な時間で飛んでゆけるだろうか。そんなことができると期待してもよいのだろうか。私たちは、光の速度に近づくために、何かすることができるだろうか。光の速度には、どのような魔力があるのだろうか。私たちは、いつの日か、光よりも速く飛べるようになるのだろうか。

**相対性理論の誕生**

一八九〇年代に、もし、あなたが、イタリアのトスカナ地方の気持ちのよいいなかを歩いていたとしたら、パビアに向かう道路で、一〇代のいくらか髪の長い〝落ちこぼれ〟の高校生と出会ったことだろう。ドイツの彼の先生たちは、こう言った。「お前は、ひとかどの人間には決して

なれないな」「お前の質問は、教室の規律をぶちこわしてしまう」「君は退学したほうがいいよ」などと。それで、彼は学校をやめ、北イタリアの自由を楽しみながら、放浪していたのだ。彼は、プロシアの規律正しい教室では、いろいろな学科を、無理に〝食べ〟されられていたが、自由な北イタリアでは、そのような学科から遠く離れた物事について、じっくりと考えることができた。この少年の名前は、アルバート・アインシュタインであった。彼の沈思黙考が、世界を変えた。

アインシュタインは、ベルンシュタインという人が書いた『みんなのための自然科学の本』という書物に魅せられていた。それは、科学知識の普及啓発をめざした本で、電線のなかを伝わる電気や空間を進む光の、驚くべきスピードのことが、まさに第一ページに書いてあった。

もし、光の波に乗って旅をすることができれば、世界はどのように見えるだろうか、と彼は考えた。光の速度で旅をしようというのである。太陽の光がさざ波のように照り、光と影でまだらになったいなかの道で、彼は、そのことを考えた。いなかの道を行く少年にとって、それはなんと魅力と魔力に富んだ考えであったことか。

あなたが、もし光といっしょに旅をしていれば、光の波の上にいるということが、あなたにはわからないはずである。もし、あなたが、波の山の上に乗って出発したとすれば、あなたは、いつまでも山の上におり、自分が波の上に乗っている、ということがまったくわからなくなってしまうだろう。

光の速度のところでは、何か奇妙なことが起こる。アインシュタインが考えれば考えるほど、問題はややこしくなっていった。いま光の速度で旅をすることができると仮定すると、いたると

ころに逆説的な問題が立ち現れた。

いくつかの考えは、それまで、十分慎重に検討されることもなく、真実として受け入れられてきた。アインシュタインは、何世紀も前に問われてもよかったはずの簡単な問題を考えた。たとえば「二つの出来事が同時に起こるというのは、どういう意味なのか」といった問題を、彼は自分に問うた。

いま、私が自転車に乗って交差点にさしかかり、馬車とぶつかりそうになった、と考えよう。私はハンドルを切り、すんでのところで衝突を避けた。さて、ここで、もう一度この事件を考えよう。こんどは、馬車も自転車も光の速度に近い速さで進んでいると仮定してみよう。

もし、あなたが道のわきに立っているなら、あなたは、私が自転車であなたのほうに近づいてゆくのを、太陽光線の反射によって見ることになるだろう。一方、馬車は、あなたの視線に対して直角の方向からやってくる。

この場合、私の速度を光の速度に加えなくてもよいのだろうか。加えれば、私の像は、馬車の像よりも早くあなたの目に入ることになる。あなたは、馬車の到着を見る前に、私がハンドルを切るのを見ないだろうか。私のところから見れば、私と馬車とは同時に交差点に近づくのだが、あなたのところからは、そうは見えないのではないか。

あなたは、私がハンドルを切って衝突を避け、陽気にペダルを踏んでビンチの町へ向かうのを見るだろうが、実は私は馬車と衝突している、といったようなことが起こり得るのだろうか。これらは、奇妙で微妙な問題である。これらの質問は、明白なことに挑んでいる。アインシュタイ

ンより前には、だれもこのような問題について考えなかったが、それは当然のことだった。

しかし、アインシュタインは、このような基本的な問題から始めて、世界のことを根本的に考え直し、物理学に革命をもたらした。

もし、世界が理解し得るものならば、そして、もし高速で旅するときに、そのような論理的な逆説を避けようとするなら、そこには、従わなければならない二、三の規則、自然のおきてがあるだろう。

アインシュタインは、これらの規則を、特殊相対性理論のなかに書き表した。物体から出る光は(自ら発光したものでも、反射したものでも)、その物体が動いていようと止まっていようと、同じ速度で進む。「なんじは、なんじの速度を、光の速度に加えるべからず」というのである。

また、どのような物体も、光の速度よりも速く動くことはできない。「なんじは、光の速度以上の速さで旅するべからず」なのである。

あなたが、光の速度に近いスピードで旅することは、物理学のどの法則も禁じてはいない。光の速度の九九・九パーセントのスピードで動いても結構である。しかし、あなたがどんなに努力しても、最後の〇・一パーセントのスピードをすべて得たうえで光の速度を超えることは決してできない。世界が論理的に矛盾しないためには、宇宙空間にも制限速度が必要なのである。

一九世紀の末から二〇世紀の初めにかけて、ヨーロッパの人たちは、一般に「自分たちは特権的な立場にいる」と信じていた。「ドイツ、フランス、イギリスの文化や政治は、ほかの国々の文化や政治よりも優れている」と彼らは考えていた。ヨーロッパの国々の植民地にしてもらえた

国は幸運であり、ヨーロッパの人間は、そのような植民地の人間たちよりも優れている、と彼らは信じていた。

アリスタルコスやコペルニクスの考えを、社会や政治の問題に応用することは、拒否され、無視されていた。

若いアインシュタインは、物理学の特権的な立場に反対し、政治的な特権にも同じようにさからった。

宇宙空間を満たしている星は、あらゆる方向に、めちゃくちゃに動き回っており、静止している場所はない。そして、宇宙を見渡すさい、ほかの場所よりもすぐれた場所というのもない。これが「相対性」という言葉の意味するものである。この考えは、魔術的な礼服をまとってはいるが、実は、きわめて単純なものである。要するに、宇宙を見渡す展望所としては、どこもかしこも同じことだ、というだけである。

自然の法則は、だれが書いても同じだ。宇宙のなかで、私たちのいるつまらぬ場所が、もし何か特別なものだとするなら、それは、驚くべきことである。そういうことはなく、どこもかしこも平等なのである。もし、これがほんとうならば、つぎに出てくるのは「だれも、光より速く旅することはできない」という結論だ。

## 光より速く飛べるか

ムチがときに鋭い破裂音を出すのは、ムチの先が音の速度よりも速く動くからである。小さな

衝撃波が発生するのだ。雷の音も、同じような原因で起こる。
かつては「飛行機は、音の速度よりも速くは飛べない」と考えられていた。だが、今日、超音速での飛行は、あたり前のことになっている。
だが、光速の壁は、音速の壁とは違う。それは、超音速機が解決したような技術上の問題とは違うのである。それは、万有引力の法則と同じくらいに基本的な、自然の法則なのである。
音の場合のムチや雷のように、真空中を光よりも速く進むものはないのか。私たちは、そのようなものを経験したことがない。逆に、粒子加速器や原子時計などの例にみるように、特殊相対性理論と量的にぴったり合う現象を、私たちは、きわめて幅広く経験している。
光とは違って、音には同時性の問題はない。なぜなら、音は、物質的な媒質のなかを伝わるからである。その媒質は、ふつう空気である。友達と話しているとき、あなたの耳に届く音波は、空気の分子の運動である。
だが、光は真空中を伝わる。太陽の光は、途中の「なにもない空間」を横切って私たちのところに届く。そのとき、私たちがどれほど耳をすませても、私たちは、太陽黒点の音や、太陽面爆発の音を聞くことはできない。
相対性理論が出される前には「光は、宇宙空間を満たしている特別な媒質のなかを伝わる」と考えられていた。そして、その特別な媒質は「発光性エーテル」と呼ばれていた。
しかし、有名なマイケルソン＝モーリーの実験によって、そのようなエーテルは存在しないことが示された。

私たちは、ときどき、光よりも速く進むものについて、話を聞くことがある。「思考の速度」というようなものが、ときどき持ち出されるのである。しかし、これは、まったくばかげた考えである。脳のなかの神経繊維を伝わる信号の速さは、ろばの引く荷車と同じくらいの、のろさである。

人間は、相対性理論を考え出すほどに賢明である。これは、私たちの思考力がすぐれていることを示している。しかし、私たちは、思考の速度を自慢することはできない、と私は思う。しかしながら、現代のコンピューターのなかでは、電気信号は、光と同じ速度でかけ回っている。

アインシュタインが二〇代のなかごろに考え出した特殊相対性理論は、その後、いろいろな実験によってためされたが、すべての実験の結果が、この理論を支持した。

ひょっとしたら、あした、だれかが新しい理論を発明するかもしれない。その理論は、私たちの知っているすべてのことと矛盾せず、同時性のような逆説をも克服し、しかも、光よりも速く飛べる、という理論である。しかし、そんな理論ができるかどうか、私は、たいへん疑問に思う。

光よりも速くは飛べない、というアインシュタインの〝禁令〟は、私たちの常識とぶつかるものかもしれない。しかし、この問題については、私たちは、常識を信じるわけにはいかないだろう。時速一〇キロメートルというスピードでの私たちの経験で、秒速三〇万キロメートルというスピードのときの自然の法則をしばるわけにはいかない。

相対性理論は、人間が究極的になしうることに限界を設けた。しかし、宇宙は、人間の野望と完全に同調する必要はない。特殊相対性理論は、光より速い宇宙船で星に行く、という方法を、

私たちから奪い去った。しかし、この理論は、まったく予期しなかった、もう一つの方法を提案した。

## 奇妙な光速の旅

ジョージ・ガモフのやりかたをまねて、いま、光の速度が秒速三〇万キロメートルというほんとうの値ではなく、たとえば、時速四〇キロメートルであると考えよう。そして、この速度がきびしく守られるものとしよう。（自然の法則を破っても罰せられることはない。なぜなら、それは犯罪ではないからである。自然は自己調整的で、その〝禁令〟を犯すことができないように、ものごとを調整しているだけである）

さて、あなたは、いま、スクーターに乗って光のスピードに近づきつつある、と考えよう。（相対性理論には「……と考えよう」という言葉がたくさん出てくる。アインシュタインは、これを「思考実験」と呼んだ）

あなたのスピードが大きくなるにつれて、通り過ぎてゆく物体が間近に見えるようになってくる。あなたが、まっすぐ前を向いていれば、あなたのうしろにあるものまで、前方の視野のなかに見えるようになってくる。世界は、非常に奇妙なものに見えてくる。そして、ついには、すべてのものが、ねじ曲げられて、小さな円形の窓のなかに押し込められてしまう。そして、その窓は、あなたの真ん前に止まっている。

じっと止まって見ている人の目には、あなたは、不気味な色の光に包まれているように見える。

あなたのからだから反射してくる光は、あなたが遠ざかってゆくときには、赤っぽく見え、戻ってくるときには青っぽく見える。

あなたは、進行方向に圧縮され、あなたの質量は増大する。そして、あなたが経験する時間は、ゆっくりと流れるようになる。それは、光の速度に近いスピードで飛ぶときに起こる、息をのむような現象で、「時間の伸び」と呼ばれている。

しかし、あなたといっしょに動いている観察者、たとえば、二人乗りのスクーターでいっしょに走っている人の目には、このような現象は、ひとつも起こらない。

このような、奇妙な、そしてはじめは人びとを戸惑わせるような、特殊相対性理論の予言は、科学のほかのものが真実であるのと同じように、やはり真実であった。そのようなことが起こるかどうかは、あなたの相対的な速度にかかっている。しかし、それは実際に起こることであって、目の錯覚ではない。それらは、主として高校一年の代数のような、簡単に数学を使って証明できる。したがって、教育を受けた人なら、だれでも理解できる。

それらは、数多くの実験の結果とも矛盾しない。非常に正確な時計を飛行機にのせて運ぶと、静止している時計に比べて、進みかたがのろくなる。粒子加速器の場合は、粒子の速度が大きくなると、その粒子の質量がふえるが、粒子加速器は、そのことを考慮に入れて設計してある。もし、このことを考えずに設計してあれば、加速された粒子は、すべて加速器の壁にぶつかり、核物理学の実験には、ほとんど役に立たないことになる。

光の速度に近づけば、あなたは、ほとんど年をとらなくなる。しかし、あなたの友達や親類の

人たちは、自分の家にいて、ふつうの速さで年をとっていく。もし、あなたが相対性理論の旅から戻ってきたらどうだろう。友達や親類の人たちは、何十年も年をとり、あなたはほとんど年をとっておらず、大きな差ができていることだろう。

光の速度で旅をすることは、不老不死の霊薬である。光の速度に近づけば、時間はゆっくりとしか流れなくなる。つまり、特殊相対性理論は、私たちに、恒星に行く手段を与えてくれた。しかし、光の速度に近いスピードで飛ぶことが、はたして工学的に可能だろうか。そのような恒星行き宇宙船が、ほんとうに可能だろうか。

イタリアのトスカナ地方は、若いアルバート・アインシュタインが、自分の考えを煮つめた鍋であった。しかし、そこは、四〇〇年ほど前に生きていた偉大な天才レオナルド・ダ・ビンチのふるさとでもある。ダ・ビンチは、トスカナの丘にのぼって、高いところから下を見おろすのが好きだった。そうすれば、鳥のように高くのぼったかのように感じることができるのだった。彼は、地形や町や城などの鳥瞰図を初めて描いた。

彼は、絵画、彫刻、解剖学、地理学、博物学、軍事技術、土木工学など、いろいろなものに興味を持ち、いろいろな分野で業績をあげた。その彼が、大きな情熱を注いだのは、飛ぶことのできる機械を考案し、作ることであった。彼は図面を書き、模型を作り、実物大の原型も作った。しかし、それらは、どれも空を飛ぶことができなかった。なぜなら、当時は、十分な力を出す軽いエンジンがなかったからである。彼の設計はすぐれており、のちの時代の技術者たちの励みとなった。しかし、レオナルド・ダ・ビンチ自身は、この失敗にがっかりしていた。だが、それは、

ほとんど彼の罪ではない。彼は、一五世紀の人間だったのだ。

## 水爆で進む宇宙船

同じようなことが、一九三九年にも起こった。イギリス惑星間協会の技術者たちが、一九三九年の技術を使って、人間を月に送る宇宙船を設計したのである。それは、三〇年後に人間の月旅行をなしとげたアポロ宇宙船とは、似ても似つかぬものだった。しかし、それは、月への飛行が、いつの日か技術的に可能になるだろうということを示すものであった。

今日、私たちは、人間を恒星まで運ぶ宇宙船の予備的な設計図を持っている。そのような宇宙船は、どれも、地球から直接飛び立つことにはなっていない。それらは、地球のまわりの衛星軌道の上で組み立てられ、そこから、恒星間宇宙への長期の旅に出発する。

そのような企ての一つに「オリオン計画」というのがある。「オリオン」は、星座の名をとって命名したもので、この計画の宇宙船の究極的な目的地が恒星であることを示している。

宇宙船オリオンは、核兵器の一種である水素爆弾の爆発力を利用するように設計されている。慣性板と呼ばれるものの前で水素爆弾を爆発させれば、宇宙船はそのたびに加速される。これは、宇宙空間の巨大な原子力船である。

宇宙船オリオンは、技術的には、まったく実現可能と思われる。水素爆弾を使うので、大量の放射性物質をばらまくことになるが、しかし、良心的な飛行計画によれば、水素爆弾は、惑星間空間や恒星間宇宙の、なにもないところでしか爆発させないという。

宇宙空間での核兵器の爆発を禁止する国際条約が署名されるまで、オリオン計画は、アメリカで真剣に推進されていた。この条約の成立は、きわめて残念なことだ、と私は思う。宇宙船オリオンは、核兵器の使い方としては、もっともよい、と私は考えている。

一方、イギリス惑星間協会は、最近「ダイダロス計画」をまとめた。それは、核融合炉の存在を前提としている。この炉は、いまある核分裂の原子炉よりも、はるかに効率的で、ずっと安全だとされている。私たちは、まだ核融合炉を持っていない。しかし、数十年のうちには、かならずできると、自信をもって予測できる。

宇宙船オリオンも、宇宙船ダイダロスも、光の速度の一〇分の一のスピードで飛ぶことができるだろう。四・三光年離れたケンタウルス座のアルファ星までは、四三年で行けることになる。これは、人間の一生よりも短い期間である。

しかし、このような宇宙船は、特殊相対性理論の「時間の伸び」が重要な意味を持つほどの大きな速度、つまり光の速度に近いスピードを出すことはできないだろう。

私たちは、宇宙船オリオンが、いますぐにでも造れたら……と希望するかもしれないが、しかし、私たちの技術開発の進み方を楽観的に予測してみても、宇宙船オリオンや宇宙船ダイダロスや、その同類の宇宙船が造られるのは、二一世紀のなかばを過ぎてからのことだろう。

もっとも近い恒星よりも、もっと遠いところへ行くためには、なにか、ほかのことをしなければならないだろう。宇宙船オリオンやダイダロスは、おそらく「多世代宇宙船」として使うこともできるだろう。その場合、ほかの恒星のまわりの惑星に到着するのは、数世紀前に地球を出発

した人たちのはるかな子孫だ、ということになるだろう。

あるいは、人間の安全な冬眠法が発見されるかもしれない。そうなれば、宇宙旅行者たちは凍結され、数世紀たってから起こされる、ということになるだろう。

このような、相対性理論的でない恒星間宇宙船は、ものすごくお金がかかるだろうが、光の速度に近いスピードで飛ぶ恒星間宇宙船に比べれば、設計するのも、建造するのも、操縦するのも楽だろう。人類は、ほかの恒星にも近づくことができるが、それを可能にするためには、大きな努力が必要だ。

光の速度に近いスピードで飛ぶ宇宙船で恒星間宇宙を飛び回ることは、一〇〇年後の目標というわけにはいかない。それは、一〇〇〇年あるいは一万年後の目標である。しかし、それは可能なことである。

R・W・バサードは、一種の恒星間ラムジェット（訳注＝ジェットエンジンの一種）を提案している。それは、まず恒星間宇宙に漂っている薄い物質をすくい上げる。それは、大部分が水素の原子だが、それを加速して、宇宙船のなかの核融合エンジンのなかに送り込む。そして、核融合反応を起こしたガスを、うしろへ噴出する。この場合、水素は、燃料ならびに推進剤として使われる。

しかし、宇宙の深いところでは、一〇立方センチの空間に一個ずつの水素原子しか存在しない。大きなブドウの実ひと粒ぐらいのなかに、一個の水素原子しかない、というわけだ。したがって、ラムジェットが働くようにするためには、宇宙船の前面に、さしわたし数百キロのジョウゴを取

りつけなければならない。宇宙船が相対性理論的なスピードに達すると、これらの水素原子は、光の速度に近いスピードで宇宙船にぶつかることになる。もし十分な注意を払わなければ、それらの水素原子が誘発した放射線によって、宇宙船も乗客も黒こげになってしまうだろう。

この問題を解決する方法としては、レーザー光線を使うことが提案されている。水素原子が、まだ離れたところにあるときに、レーザー光線を当てて、原子核のまわりの電子をはぎとってしまう。そうすれば、水素原子は電荷を持つから、きわめて強い磁場をかけて方向を変え、ジョウゴのほうへと誘導する。そのさい、宇宙船のほかの部分には水素原子が当たらぬようにする。

これは、これまで地球上では行われたことのない技術である。それは、「小さな世界」といってもよいほどの巨大なエンジンについての話である。

## 未来と過去への旅

このような宇宙船について、しばらく考えてみよう。地球は、引力で私たちを引っ張っている。もし、高いところから落ちると、私たちは加速度を経験する。私たちの祖先である原人たちの多くは、木から落ちたことがあるに違いないが、木から落ちると、一秒たつごとに、落下速度が秒速一〇メートルずつ速くなってゆく。

この加速度は、私たちを地球の表面に引きつけている引力によって生じる。この引力は1g(ジー)と呼ばれている。gとは、地球の引力を示す略号である。

私たちは、1gの加速度のもとで快適に暮らしている。私たちは、1gのもとで育った。した

がって、1gの加速度でスピードを増してゆく恒星間宇宙船に私たちが乗っていれば、私たちは、まったく自然な環境のなかにいると思うだろう。

事実、加速しつつある宇宙船のなかで私たちが感じる力と、引力とは等しいものだ、というのが、アインシュタインがのちに提唱した一般相対性理論の主な論点である。1gの加速度で一年間飛び続ければ、私たちは、光の速度にきわめて近いスピードで飛ぶようになる。それは、次の計算から明らかだ。

$$(0.01\,\text{km sec}^2)\times(3\times10^7\,\text{sec})=3\times10^5\,\text{km sec}$$

このような宇宙船が、1gで加速しながら、どんどん光の速度に近づいてゆくと考えよう。その宇宙船は、このようにして、旅程の中ほどまでくる。それから1gで減速していって、目的地に着陸する。この旅の大部分は、光の速度にきわめて近いスピードで飛ぶわけだから、時間はきわめてゆっくりとしか進まなくなる。

太陽に近い星で惑星を持っているかもしれないと思われるのは、バーナード星である。これは、約六光年離れたところにある。宇宙船のなかの時計で測ると、この星までは八年ほどでゆくことができる。銀河系の中心までは二一年、アンドロメダ座のM31までは二八年でゆける。

もちろん、地球上に残された人たちには、ものごとは違ってみえる。たとえば、銀河系の中心へ行くのには、二一年ではなく、三万年もかかるようにみえる。私たちが地球に戻ってきたとき、私たちを出迎えてくれる友達は、ほとんどいないだろう。

光の速度にきわめて近いスピードで旅することは、原理的には可能であり、宇宙船の時計で測

って五六年の歳月があれば、いま知られている宇宙のまわりを一周することができるだろう。だが、その旅を終えて地球に戻ってくるときには、地球の時計では、すでに何百億年もたっており、太陽はすでに死に絶え、地球は、黒こげの燃えかすになっているだろう。

文明が進歩すれば、相対論的な宇宙旅行は実現可能となるだろう。しかし、それができるのは、旅に出る人たちだけである。地球に残った人たちに、宇宙旅行の情報を、光の速度より速く伝える方法は、ないように思われる。

レオナルド・ダ・ビンチが作った飛行機の模型は、今日の超音速旅客機とは、似ても似つかぬものだが、それと同じように、宇宙船オリオンやダイダロス、バサードのラムジェットなども、私たちがいつの日か建造すると思われる現実の恒星間宇宙船とは、ひどくかけ離れたものだろう。

だが、私たちが、もし自分自身を破滅させるようなことがなければ、私たちは、いつの日か恒星への旅に出ることになるだろう。私は、そうなると信じている。私たちの太陽系がすべて探検されたら、つぎにはほかの恒星系の惑星が、探検の対象として考えられるだろう。

空間の旅と時間の旅とは関係がある。宇宙空間のなかへと高速で飛んで行くことは、未来へと大急ぎで飛んで行くことによってはじめて可能となる。だが、過去については、どうなのだろうか。私たちは過去に戻って、それを変えることができるだろうか。歴史の本に書いてあるのとは違うように、出来事をつくり変えることができるだろうか。

私たちは、いつもゆっくりと未来へ旅している。毎日、一日ずつのわりで未来へと進んでいる。だが、相対論的な宇宙飛行をすれば、私たちは、速く未来へと旅することができる。

しかし、過去への旅は不可能だ、と多くの物理学者たちが信じている。もし、あなたが特別な装置を持っていて、時間をさかのぼって旅することができるとしても、過去のことを変えることはできないだろう、と彼らはいう。もし、あなたが過去の世界に旅して、あなたの両親が出会うのを妨げたとしたら、あなたは決して生まれてこないことになる。しかし、あなたは現に存在しているのだから、これは矛盾である。

$\sqrt{2}$が無理数であることの証明や、特殊相対性理論の同時性の議論などと同じように、これは、結論がばかげてみえるため、前提条件を再検討しなければならない問題である。

だが、ほかの物理学者たちは、二つの違った歴史、二つの確かな現実が、並行して存在している、という説を唱えている。この二つのうち、一方はあなたたちがよく知っている世界であり、もう一方は、あなたたちが生まれたことのない世界である。

時間というのは、おそらく、数多くの潜在的な次元を持っており、私たちは、そのうちのただ一つしか経験できないように運命づけられているのだろう。

あなたが過去に戻ることができ、過去を変えることができると考えてみよう。たとえば、あなたは、スペインのイザベラ女王を説得して、女王がクリストファー・コロンブスを支援しないようにした、としよう。

すると、あなたは、一連の違った歴史的出来事をスタートさせたことになる。しかし、あなたといっしょに過去の世界へ行かず、あとに残った人たちは、そのような新しい出来事を知ることは、決してできない。そういうふうに議論を進めることができる。したがって、そのような過去

への旅が可能なら、想像できるすべての歴史が、ある意味で現実に存在することになる。

歴史とは、社会、文化、経済などの糸が深くからみあった複雑な束であり、それらは、簡単に解きほぐすことができない。この世のなかでは、数えきれないほどの、思いがけない、でたらめな小さな出来事が、つぎつぎに起こっている。しかし、このような出来事は、長期的な影響を及ぼすことはない。だが、重要な転機とか分岐点で起こった出来事は、歴史の図式を変えることがある。もちろん、比較的小さな調整によって、大きな変化がもたらされることもある。このような出来事が、遠い過去のものであればあるほど、その影響は、より大きなものとなるだろう。なぜなら、遠い昔のことであればあるほど、時間のテコが長くなるからである。

**恒星に向けて旅立つ**

ポリオ（小児マヒ）のウィルスは、小さな微生物である。私たちは、ポリオのウィルスと毎日のように出会っている。しかし、そのウィルスのうち、ほんとうに幸運なやつだけが、ときたま、私たちのなかのひとりを恐ろしい病気にする。

アメリカの第三二代大統領フランクリン・D・ルーズベルトは、ポリオにかかった。これは、手足のマヒする病気なので、ルーズベルトは、この病気のために、落後者に対して非常に同情的になったのかもしれない。また、この病気のため、彼はかえって努力し成功したのかもしれない。

もし、ルーズベルトの個性がいくらか違っており、もし彼がアメリカの大統領になろうという野心を持たなかったならば、一九三〇年代のひどい不景気や、第二次世界大戦、核兵器の開発な

どは、違ったふうに展開したかもしれない。世界の未来も、違っていたかもしれない。だが、ルーズベルトを変えたウィルスは、直径が一〇〇万分の一センチほどの、つまらぬものである。それは、なにものでもない。

一方、時間の旅人がスペインのイザベラ女王に対して「コロンブスの地理学は間違っている」とか「エラトステネスが算出した地球の大きさから考えて、コロンブスは決してアジアには到達できないだろう」とか申し立てて、女王がコロンブスを支援しないよう説得したと考えよう。もし、そのような説得が成功したとすれば、コロンブス以外のヨーロッパ人が数十年のうちに西へ向けて航海し、新世界に達したことだろう。それは、ほとんど確かなことである。

航海術の進歩、香料貿易の魅力、ヨーロッパの大国のあいだの競争などのため、結局、西暦一五〇〇年ごろにアメリカは発見されていただろう。もちろん、その場合には、今日、コロンビアという国はないだろうし、アメリカにも、コロンビア特別行政区とかオハイオ州コロンバスとかコロンビア大学とかはないだろう。

しかしながら、歴史の全体的な流れは、それほど違わなかったかもしれない。将来のことを大きく変えようと思うなら、時間の旅人は、慎重に選んだ数多くの出来事を変えなければならないだろう。そうしなければ、歴史の〝織り物〟を変えることはできない。

かつて存在したことのない世界を探検することは、空想しただけでもすばらしい。私たちは、そこを訪ねて、歴史がどのように作られていくかを、ほんとうに理解することができる。歴史を実験科学にすることができるのだ。

たとえば、プラトン、パウロ、ピョートル大帝のような、明らかに中心的な人物がいなかったら、世界はどのように変わっていただろうか。古代ギリシャのイオニアの科学的な伝統が生き残り、栄えていたら、どうだったろうか。しかし、科学の伝統が生き残るためには、「奴隷の存在は自然なことであり、正しいことだ」という当時の一般的な考えも含めて、その当時の社会的な力の多くを変えなければならなかっただろう。

二五〇〇年前に、地中海東部に夜明けをもたらしたあの光が消えてしまわなかったら、どうだったろうか。科学や実験的な方法、技術や機械の尊厳などが、産業革命より二〇〇〇年も前に、力強く追究されていたら、世界はどう変わっていただろうか。もし、この新しい考え方の力強さが、もっと広く高く評価されていたら、どうだったろうか。

そうであったら、私たちは、一〇世紀か二〇世紀の時間を節約できただろう、と私はときどき考える。おそらく、レオナルド・ダ・ビンチがやったようなことは、彼よりも一〇〇〇年ほど前になされただろうし、アルバート・アインシュタインがしたような仕事は、五〇〇年も前になしとげられていただろう。

このような「もう一つの地球」では、レオナルド・ダ・ビンチも、アインシュタインも、もちろん、決して生まれていなかっただろう。多くのことが、違っていただろう。

一回の射精で放出される精子は何億個にも及ぶが、そのうち卵子の受精にかかわるのは、わずか一個にすぎない。そして、それが、つぎの世代の人間を造り出す。しかし、どの精子が卵子の受精に関与できるか、ということは、内的にも外的にも、きわめて小さな、無意味な要素によっ

て決まる。もし、二五〇〇年前に、ほんの小さなことが別なようになっていたら、私たちは、今日、だれひとりとして、地上に存在しなかっただろう。おそらく、私たちのいるところに、別の数十億人の人間がいたことだろう。

もし、イオニア人たちが勝っていたら、私たちとは違う〝私たち〟が、いまごろ、恒星へ向けての冒険的な旅に出ていたことだろう。そして、ケンタウルス座のアルファ星や、バーナード星、シリウス、くじら座のタウ星へ向かった最初の調査船は、とっくの昔に戻ってきていただろう。無人の調査船、移民を運ぶ定期船、巨大な貨物船などの恒星間宇宙船の大船隊が、地球のまわりの衛星軌道のうえで建造され、宇宙の海を行ったり来たりしていたことだろう。

これらのすべての船には、マークがつけられ、船名が書かれていただろう。私たちが近づいてみると、文字はすべてギリシャ語であることがわかる。そして、おそらく、初期の恒星間宇宙船の一隻は、船首に正一二面体のマークをつけ、「惑星・地球の恒星間宇宙船テオドロス号」という文字が彫ってあったことだろう。

だが、現実の世界の時刻表では、ものごとは、いくらかゆっくりと進んできた。私たちは、まだ恒星へ向けて旅立つところまできていない。しかし、今後一世紀か二世紀のうちに、私たちは、太陽系をすべて探検しつくし、私たちの惑星・地球にも正しい秩序をもたらしていることだろう。

そのころ、私たちは、恒星へ行こうという意志を持ち、そのための資源と技術的な知識とを持ち合わせていることだろう。私たちは、遠く離れたところから、ほかの惑星系を調べ、あるものは私たちの太陽系によく似ており、あるものは極端に違っている、などといったことを知ってい

ることだろう。私たちは、どの星を訪問すべきかを知っている。

タレスやアリスタルコス、レオナルド・ダ・ビンチ、アインシュタインなどの子供である私たちの子孫と、私たちの宇宙船とは、何光年もの距離を超えて飛んで行く。

**ほかの惑星系を探す**

宇宙に、いくつの惑星系があるか、私たちは、まだ知らない。しかし、ものすごい数の惑星系があると思われる。私たちのすぐ近くにも、惑星系は一つだけではなく、ある意味で四つある。木星、土星、天王星は、それぞれ衛星系を持っている。それぞれの衛星の大きさや間隔は、太陽のまわりの惑星によく似ている。連星は、太陽などと比べて、かけ離れて大きな質量を持っている。そのような連星も含めて統計学的に類推すると、太陽のような一つだけの星は、ほとんどすべて、惑星の同伴者をつれているはずである。

私たちは、まだ、ほかの恒星のまわりの惑星をじかに見たことはない。そのような惑星は、その地域の太陽の光の沼のなかに沈んだ小さな光の点にすぎない。したがって、私たちには見えないのである。しかし、私たちは、見たこともない惑星が、その惑星系の恒星に引力を及ぼしているのを検知することができるようになりつつある。

いま、そのような一つの恒星が、背景の星座のなかを、何十年かかかってゆっくりと動いているとしよう。そして、その恒星のまわりに、木星ほどの質量を持った大きな惑星があって、その軌道面が私たちのほうを向いているとしよう。つまり、軌道面が、私たちの視線に対して直角に

なっているとするのである。この暗い惑星が、私たちのほうから見て、恒星の右側にあれば、恒星は右へ少しばかり引っぱられるだろう。逆に、惑星が恒星の左のほうにあれば、恒星は左へ引っぱられるだろう。

その結果、恒星の軌道が変わったり、乱れたりする。直線のはずの軌道が、波打ったような軌道になるのである。地球にもっとも近い単独の星はバーナード星だが、この星について、惑星の引力による軌道の乱れがあるかどうかが観測された。

一方、ケンタウルス座のアルファ星のような三連星の場合は、三つの星の相互関係が複雑なため、小さな質量の同伴者を探すのは、非常にむずかしくなる。

バーナード星の場合でさえ、研究は苦労の多いものであった。天体望遠鏡でうつした写真乾板のうえの顕微鏡的なずれを、何十年にもわたって探さなければならないからだ。

バーナード星のまわりの惑星については、これまでに、二つの研究がなされ、ある基準に照らせば、どちらも成功であった。両方の研究が、木星と同じくらいの質量を持つ二つか、それ以上の惑星が、一つの軌道をめぐっていることを明らかにした。そして、その軌道は、ケプラーの第三法則によって計算された。それらの惑星は、木星や土星と太陽との位置関係に比べれば、いくらか中央の恒星に近いところをめぐっているようである。

ところが、不運なことに、この二つの観測は、おたがいに矛盾する点を持っているように思われる。バーナード星のまわりに惑星があることは、すでに発見された、といってもよいだろう。しかし、あいまいさのない、はっきりした証明は、今後の研究に待たなければならない。

星のまわりの惑星を見つけ出す別の方法も、いま開発中である。そのなかには、恒星の光を人工的にかくす方法も含まれている。天体望遠鏡の前に円板を置いたり、月の暗い端を利用したりして恒星をかくす。そうすれば、惑星は、近くにある恒星の輝きによって、かき消されることがなくなる。惑星が反射した光が見えるようになるのである。

これから先、数十年のあいだに、私たちは、比較的近い一〇〇個ほどの恒星のうち、どれが大きな惑星を引きつれているか、という問題に、はっきりと答えることができるだろう。

## 歴史の分岐点に立つ

近年、赤外線で観測したところ、近くの恒星のなかには、惑星以前の状態と思われる気体やチリの雲が円盤状に取り巻いているものがあった。

一方、いくつかの刺激的な理論的研究によれば、惑星系は、銀河のなかでは、あたり前の存在だという。凝縮しつつある気体とチリの平らな円盤から、恒星や惑星ができると考えられているが、そのような現象がコンピューターで調べられた。そのさい、円盤の最初の凝縮物である物質の小さな塊が、時期を選ばずに雲のなかに投げ込まれた。すると、その塊は、雲のなかを動きながら、チリの粒子を集めていく。雲のなかの気体は、主として水素だが、そのような塊がかなりの大きさになると、引力が発生して、水素ガスも引きつけられてしまう。

動いている二つの塊がぶつかったときには、くっついて一つになる、というようにコンピューターのプログラムは組んであった。計算は、気体やチリがすべてなくなるまで続けられた。

最終的な結果は、雲の最初の状況がどうであるかによって変わってきた。特に、雲の中心からの距離によって気体やチリの密度がどう違うか、という条件に大きく左右された。
しかし、最初の状況がかなり違っても、だいたいにおいて、中心の恒星に近いところには地球型の惑星、遠く離れたところには木星型の惑星ができ、その総数は約一〇個になった。それは、私たちの太陽系によく似た惑星系であった。
最初の状況がひどく違うと、惑星はできず、いい加減な小惑星だけになったり、恒星の近くに木星型の惑星ができたり、ときには、木星型の惑星が気体とチリとを集めすぎて、一つの恒星となったりした。木星型の惑星が恒星に変わったのが、連星の起源である。
まだ、はっきりと言い切るのは早すぎる。しかし、銀河系のなかには、すばらしく多彩な惑星系が存在すると思われる。そして、すべての恒星が、このような気体とチリの雲からできた、と私たちは考えている。私たちの銀河系のなかには一〇〇〇億個もの惑星系があって、私たちの探検を待っていることだろう。
そのような〝世界〟は、どれ一つとして地球と同じではないだろう。人間にとって都合のよい惑星は、わずかだろう。ほとんどすべての惑星が、人間の住めない世界だろう。多くの惑星は、胸が痛くなるほど美しいことだろう。いくつかの世界では、昼間の空では、いくつもの太陽が輝き、夜空には数多くの月が輝いていることだろう。あるいは、粒子の巨大な輪が、こちらの地平線からあちらの地平線まで、アーチのようにかかっていることだろう。
いくつかの月は、惑星に非常に接近しているため、月面から見ると、惑星が空の半分以上を占

めているように見えることだろう。ある世界からは、巨大なガス状星雲が見えることだろう。それは、かつて存在し、もはやなくなったふつうの星の残りかすである。

このようなほかの惑星の夜空には、遠く離れた珍しい星座が数多く見えるだろう。そして、弱々しい黄色い星も一つ見える。おそらく、この星は、肉眼ではほとんど見えず、天体望遠鏡でしか見えないだろう。それは、巨大な銀河系のなかの、太陽という小さな星である。それは、いまそこを探検している恒星間宇宙船隊の、ふるさとの星なのである。

時間と空間とは、すでに見たように、たがいにからみあっている。世界も星も、人間と同じように、生まれ、生き、そして死ぬ。人間の寿命は、数十年の長さであり、太陽の寿命は、その一億倍も長い。恒星に比べれば、私たちは、一日で生涯を終わるかげろうのように、はかないものである。かげろうの立場に立ってみると、人間は、がっちりしていて、退屈で、ほとんど動きもせず、なにかするような気配もほとんどない。しかし、恒星の立場に立ってみると、人間は小さな瞬間的な光にすぎない。人間は、宇宙の時間の、ほんの一瞬しか生きていないのである。

宇宙空間に存在するすべての世界で、ものごとは進行しつつあり、それぞれの世界の将来を決める出来事が起こりつつある。そして、私たちの小さな惑星・地球の上では、二五〇〇年前にイオニアの科学者たちが神秘主義者たちと対決したのと同じように重大な歴史の転換が起こりつつある。いまは、歴史の分岐点である。

いま私たちが自分たちの世界に対してすることは、何世紀も先までも影響を及ぼし、私たちの子孫の運命を、数多くの星のなかにおける彼らの宿命を、力強く決定することになるだろう。

# 9　星の生命

「太陽神ラーは、両目を開いて、エジプトに光を投げた。彼は、昼と夜とを分けた。神々は、彼の口から出てきた。人間は彼の目から出てきた。すべてのものが、彼から誕生した。彼は、ハスのなかで輝く子供であり、彼の出す光がすべてのものに生命を与えた」

——プトレマイオス王の時代のエジプトのまじないの文句

「神は、さまざまな大きさや形の物質の粒子を作ることができる。そして、それらの粒子は、密度も力も、それぞれ違っているだろう。神は、このようにして、自然の法則を変えることができ、宇宙のいろんなところに、何種類かの世界を作り出すことができる。このようなすべてのことに、私は、どんな矛盾も発見しなかった」

——アイザック・ニュートン『光学』

「私たちには空があった。空は、どこも星だらけだった。私たちは、寝ころがって星を見たものだ。そして、星は作られたのか、たまたまできただけなのかと、話し合ったものだ」

——マーク・トウェイン『ハックルベリー・フィン』

「私は……ひどく欲していた。……私は何かいうべきなのか。……宗教について。夜、外に出て、私は星を描いた」

――ビンセント・ファン・ゴッホ

### 恒星は宇宙の台所

アップル・パイを作るためには、小麦粉、リンゴ、少量のあれやこれやと、熱とオーブンとが必要である。材料は、たとえば砂糖とか水とかいう分子でできている。そして、分子は、たとえば、炭素、酸素、水素といったような原子でできている。では、これらの原子は、どこから来たのだろうか。水素以外の原子は、恒星のなかで作られたものである。

恒星は、宇宙の台所のようなものだ。そこで、水素の原子が料理され、重い原子になった。そして、その恒星は、宇宙の気体とチリとが凝縮してできる。その気体とチリとは、ほとんどすべて水素でできている。その水素は、宇宙のはじまりである大爆発「ビッグ・バン」のときに作られた。もし、あなたが、一からはじめてアップル・パイを作ろうと思うなら、あなたは、まず宇宙を発明しなければならない。

いま、アップル・パイを二つに切ると考えよう。その半分を、さらに二つに切るとしよう。そして、デモクリトスの考えにしたがって、この二等分の作業をずっと続けていくとしよう。何回切ったら、一個の原子になるだろうか。答えは、約九〇回である。もちろん、そこまで細かく切れる鋭利なナイフはない。パイは、柔らかすぎるし、いずれにしろ、原子はあまりに小さくて肉

眼で見ることはできない。しかし、この二等分の作業を続ける方法はある。

原子の性質を初めて理解したのは、イギリスのケンブリッジ大学の人たちだった。それは、一九一〇年を中心とする四五年間の出来事だった。

その研究のなかには、原子のかけらを、いくつかの原子にぶつけて、どのようにはね返ってくるかを見る実験も含まれていた。典型的な原子は、外側に電子の雲をもっている。

電子は、その名前からわかるように、電気を帯びている。それは、マイナスの電気である。そのような電子が、原子の化学的な性質を決めている。たとえば、金の輝き、鉄の冷たい感触、炭素のダイヤモンドの結晶構造などは、すべて、電子の状態によって決まってくる。

しかし、電子の雲に隠された、原子の深いところには核がある。それは、ふつう、プラスの電気を持った陽子と、電気的にはプラスでもマイナスでもない中性子とでできている。*

*原注＝以前には、陽子は、電子の雲のなかに均一に散らばっていると考えられていた。雲の中心に、プラスの電気を持った核として陽子が集まっているとは、考えられていなかった。核は、ケンブリッジ大学のアーネスト・ラザフォードによって発見された。彼は、粒子を標的にぶつけたとき、粒子のなかに、自分の進行方向と逆向きにはね返って来るものがあることを知って、核を発見した。彼は、こう述べている。「それは、私の人生のなかで、もっとも信じ難い出来事であった。それは、直径四〇センチほどの弾丸を、一枚のちり紙に向けて発射したとき、それがちり紙ではね返されてきて、自分自身にあたるようなものだった。それは、ほとんど信じられない出来事だった」。

原子は非常に小さい。一億個の原子を、たがいに重なり合わないように一列に並べても、その原子の列の長さは、私の小指の先ぐらいである。

核は、さらに、その一〇万分の一ぐらいの大きさにすぎない。核が発見されるまでには、長い時間がかかったが、手間どった理由の一つは、それがきわめて小さかったことである。

しかしながら、原子の質量の大部分は、核のところにある。核に比べれば、電子は、ふわふわと動く雲のようなものである。

原子は、主として、からっぽの空間でできている。物質は、主として、空虚なものでできているのである。

私は、原子でできている。私のヒジは原子でできている。私の前のテーブルも原子でできている。だが、もし原子が非常に小さく、しかもからっぽであり、核はさらに小さいとするならば、なぜ、テーブルは私を支えることができるのだろうか。なぜ、私のヒジを構成している核は、テーブルの核の間へ、するりと楽にすべり込んでゆかないのだろうか。どうして、私は、床にからみつかないのだろうか。地球のなかに落ち込んでゆかないのだろうか。

その答えは、電子の雲である。私のヒジを構成している原子の外側は、マイナスの電気を帯びている。テーブルを作っている原子も、すべて同様である。そして、マイナスの電気同士は、たがいに反発しあう。

私のヒジが、テーブルのなかにのめり込んでいかないのは、原子の核のまわりに電子があり、その電気の力が強いからである。毎日の暮らしは、原子の構造によって支えられているのだ。

もし、原子の電気のスイッチを切ったら、あらゆるものが崩れて微小なチリとなってしまうだろう。もし、電気の力がなかったら、宇宙には、もはや物質は存在しないだろう。ただ、電子と陽子と、中性子の薄い雲と、引力を持った素粒子の球があるだけだ。それは、数多くの世界の、特徴のない残りかすにすぎない。

## 原子をさらに切り刻む

アップル・パイを切っていく作業を、もう一度考えよう。一個の原子に到達しても、さらに切り続けるとすれば、私たちは、無限に小さなものと対面することになる。

一方、夜空を見上げれば、私たちは、無限に大きなものと対面する。

このような無限は、終わりのない後退を意味している。距離的に、はるかかなたへと後退するだけではなく、時間的に永遠に後退することを意味している。

あなたは、二枚の鏡のあいだに立ってみたことがあるだろうか。たとえば、理髪店などで二枚の鏡の間に立って、数多くのあなたを見たことがあるだろうか。

あるいは、二面の平面鏡を使って、ろうそくの炎を写してみれば、数多くの像を見ることができる。それらの像は、たがいに、相手の像を写したものである。

しかし、あなたは無限に多くの像を現実に見ることはできない。なぜなら、鏡は完全な平面にはなっておらず、二枚の鏡は、たがいに完全な平行の位置には置かれていないからである。また、光は、無限に速く進むわけではないからであり、炎それ自身が光の進む通路に割り込んでいるか

らである。

だが、私たちが無限について話すときには、私たちは、どのような数よりも量的に大きいものについて話している。あなたが、心のなかに、どのような数字を思い浮かべても、無限は、その数よりもさらに大きい。

大きな数字を書くのには、便利な方法がある。それは、指数法と呼ばれている。一〇〇〇は$10^3$である。これは、1のあとに0が三つ並ぶことを示している。一〇〇万は$10^6$である。これは1のあとに0が六つ並ぶ、といった具合である。

世のなかに「もっとも大きな数」というのは存在しない。もし、だれかが「もっとも大きな数」の候補を示したら、あなたは、それに一を足すだけで、もっと大きな数を作ることができる。しかし、「大きな数」というのは存在する。

アメリカの数学者エドワード・カスナーは、かつて九歳になるおいに「一〇の一〇〇乗という、きわめて大きな数の名前を考えてほしい」と頼んだ。これは、1のうしろに0が一〇〇個つく数である。少年は、それを「グーゴル」と呼ぶことにした。それは、つぎのような数字である。

一〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、
〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、
〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、
〇〇〇

あなたも、自分自身の大きな数字を作り上げて、風変わりな名前をつけてもかまわない。やっ

てみたらどうですか。それは、魅力のあることだ。とくに、あなたが九歳なら、きっと、おもしろいだろう。

もし、グーゴルが大きいように思われるなら、つぎにグーゴルプレックスを考えてみよう。これは、一〇のグーゴル乗を意味している。つまり、1のあとに0が一〇〇個つくのではなくて、グーゴル個の0がつくのである。

比較のためにいえば、あなたのからだは、一〇の二八乗個のほどの原子でできている。観測可能な宇宙のなかにある陽子、中性子、電子の総数は、およそ一〇の八〇乗個である。もし、この観測可能な宇宙のなかに、たとえば中性子を、すきまがないように、ぎっしり詰め込んだとしても、中性子の総数は、一〇の一二八乗個にしかならない。* これは、グーゴルよりも少し多いが、

*原注＝この計算の精神は、大昔からのものである。アルキメデスの小さな本『砂粒を数える人』の書き出しの部分は、つぎの通りである。「ゲロン王さま、砂粒の数は無限に多いと考えている人があります。ここで砂粒と申しますのは、シラクサのあたりや、そのほかのシチリア島にある砂粒だけではありません。人が住んでいようと、いまいと、あらゆる地域のすべての砂粒も含んでいます。また、その数を無限とはみないけれども、砂粒の数は非常に多いので、それを表すことのできる数字は、だれも命名していない、と考えている人もあります」。

アルキメデスは、ただ数字の名前を決めただけでなく、砂粒の数も計算した。のちに、彼は、自分が知っている宇宙のなかに、どれだけの砂粒が入るかも調べた。彼の推定値は一〇の八〇乗個であった。これは、奇妙な偶然の一致だが、宇宙のなかの陽子、中性子、電子の総数と同じである。

グーゴルプレックスに比べれば、とるにたらぬほどの、小さな数である。
だが、グーゴルにしても、グーゴルプレックスにしても、無限という考えには近づくことができない。それらも無限には寄りつけないのである。事実、グーゴルプレックスと無限との間の距離は、1と無限とのあいだの距離と変わらない。
私たちは、グーゴルプレックスを紙に書いてみることができる。しかし、それは、絶望的な野心である。グーゴルプレックスのゼロを、読める程度の大きさで書いていけば、その用紙は、私たちの知っている宇宙を埋め尽くして余りあるだろう。さいわいなことに、私たちは、グーゴルプレックスを書き表す、きわめて簡単な方法を知っている。それは、$10^{10^{100}}$である。また、無限大は「∞」という記号で表す。
焼けこげたアップル・パイの、黒こげの部分は、主として炭素でできている。九〇回切れば、炭素の原子に到達する。この原子は、核のところに六個の陽子と六個の中性子とがあり、外側の雲のところには、六個の電子がある。いま、この核の一部分を取り出すとしよう。たとえば、陽子二個と中性子二個の塊を取り出す。すると、取り出した塊は、もはや炭素の原子核ではない。それは、ヘリウムの原子核である。
このような、原子核の切り出し、あるいは分裂は、核兵器や、いま使われている発電用原子炉のなかで起こっている。ただし、分裂をするのは炭素の原子核ではない。
もし、あなたが、アップル・パイを九一回切ったとしたら、また、炭素の原子核を薄切りにしたとしたら、切りくずは、もはや炭素の小さなかけらではなく、別なものである。それは、化学

的性質のまったく違った原子である。もし、あなたが原子を切れば、あなたは、元素を変換することになる。

さて、さらに先へ進もう。原子は、陽子、中性子、電子でできているが、私たちは、陽子を切ることができるだろうか。もし、私たちが、たとえば、陽子のような素粒子に高いエネルギーを与えて別の陽子にぶつければ、私たちは、陽子のなかに隠されているもっと基本的な粒子を、かいま見ることができる。

陽子や中性子のような、いわゆる素粒子は、クォークと呼ばれるさらに基本的な粒子でできている。いま、物理学者たちは、そのように考えている。クォークには、いろいろな〝色〟や〝におい〟のものがある。〝色〟とか〝におい〟とか、ここでいうのは「原子核のなかの世界を、いくらかでも親しみやすいものにしよう」という、物理学者たちの熱心な努力のせいである。クォークは、物質を構成する究極の粒子なのだろうか。それとも、クォーク自身が、さらに基本的な、もっと小さな粒子で作られているのだろうか。

私たちは、物質の性質について最終的な理解に達することができるのだろうか。それとも、もっともっと基本的な粒子へと無限に進んでゆかなければならないのだろうか。これは、科学にとって、未解決の大きな問題である。

## 原子を作る粒子たち

元素の変換は、中世の研究室では、錬金術の名のもとに探究された。多くの錬金術師たちが

「すべての物質は、水、気、土、火の四つの元素の混合物である」と考えていた。これは、もともとイオニア人たちが考えたことだが、この場合、たとえば、土と火の割合を変えれば、銅を金に変えることができるだろう、と錬金術師たちは考えた。

この分野には、カリオストロやサンジェルマン伯爵のような、魅力的な詐欺師や、かたりが大勢いた。彼らは、元素を変換したと称しただけでなく「不老長寿の秘法も知っている」と主張した。

ときには、二重底にした魔法の棒のなかに金が隠されており、熱心な公開実験の最後に、るつぼのなかに、奇跡的に金が現れるのだった。富と不老不死を求めるヨーロッパの貴族たちは、彼らの餌食(えじき)となり、この疑わしい〝技術〟のために、多額のお金を支出した。

しかし、パラケルサスやアイザック・ニュートンのような、もっとまじめな錬金術師もいた。彼らの場合は、お金のすべてがむだになったわけではない。

実験の結果、リン、アンチモン、水銀などが発見された。事実、現代化学の起源をたどると、このような実験にたどりつく。

自然界に存在し、化学的にはっきりと区別できる原子は九二種類ある。それらは、化学元素と呼ばれており、最近まで、地球上のすべてのものを構成していた。ただし、これらの原子の大部分は、たがいに結合して分子となって存在している。

水は、水素原子と酸素原子とでできた分子である。空気は、主として、窒素（N）、酸素（O）、炭素（C）、水素（H）、アルゴン（Ar）でできており、それらは、$N_2$、$O_2$、$CO_2$、$H_2O$のような分子

の形で存在している。

地球も、それ自体、きわめて豊かな、原子の混合物であり、主としてケイ素、酸素、アルミニウム、マグネシウム、鉄でできている。

火は、化学元素ではできていない。高温のために、核のまわりの電子の一部がはぎ取られてプラズマとなり、それが噴出するのが火である。

イオニア人や錬金術師たちが考えていた「四つの元素」は、現代の知識でいえば「元素」などというものではない。水は一つの分子であり、空気と土は分子の混合物であり、火はプラズマである。

錬金術師の時代から、数多くの元素が発見されてきた。のちに発見されたものほど、わずかしか存在しない元素であった。

元素のうちの多くは、身近なものだった。それらは、地球を構成している主な元素であったり、生物にとって基本的な元素であったりした。

あるものは固体であり、あるものは気体であった。そして、臭素と水銀の二つは、室温で液体であった。

科学者たちは、便宜上、それらを、簡単なものから複雑なものへと順に並べた。もっとも簡単な水素が、原子番号1である。もっとも複雑なウランが、原子番号92である。そのほかの元素、たとえば、ハフニウム、エルビウム、ジスプロシウム、プラセオジムなどは、あまり親しみ深いものではない。毎日の暮らしのなかで、このような元素にぶつかることは、あまりない。とにか

く、親しみ深い元素ほど、それだけたくさん存在しているのである。たとえば、地球は大量の鉄を含んでいるが、イットリウムはほとんど含んでいない。
だが、もちろん、この法則には例外もある。たとえば、金やウランなどである。これらの元素は親しみ深いが、それほど大量には存在しない。それらは、勝手な経済的取り決めや、美的な判断、あるいは、すばらしい実用価値のゆえに高く評価されているのである。
原子が、陽子、中性子、電子という三種類の粒子でできているという事実は、比較的最近発見されたことである。中性子が見つかったのは、一九三二年のことだ。
現代の物理学と化学とは、身のまわりの複雑な世界を、驚くほど単純化した。「三つの粒子が、いろいろな具合に結合して、すべてのものを作り上げている」ということを、物理学と化学とが明らかにしたのである。
すでに述べたように、中性子は、その名が示すように、電気を帯びていない。陽子はプラスの電気を持ち、電子は、それと同量のマイナスの電気を持っている。
原子が一体となっているのは、電子と陽子との、たがいに異なる電気が引き合っているからである。
それぞれの原子は、電気的に中性だから、核のなかの陽子の数と、電子の雲のなかの電子の数とは、正確に同じでなければならない。
原子の化学的性質は、電子の数だけで決まる。そして、その電子の数は、核のなかの陽子の数に等しい。その陽子の数を「原子番号」と呼んでいる。ピタゴラスが好んだように、化学は、単

純な数字を基礎としている。
もし、陽子が一個なら、その原子は水素であり、二個ならヘリウム、三個ならリチウム、四個ならベリリウム、五個ならホウ素、六個なら炭素、七個なら窒素、八個なら酸素という具合に、九二個まで続く。九二個ならウランである。
同じしるしの電気は、たがいに強く反発する。それは、自分たちと同じ種類のものを、おたがいにきらい合う現象で、あたかも、この世は隠者と人間ぎらいとで満ち満ちているかのようである。
電子は、電子をはね返す。陽子は陽子を排斥する。となると、核は、どうして一体であり得るのか。核を作っているいくつもの陽子は、なぜすぐに飛び散ってしまわないのだろうか。なぜなら、自然には、もう一つの力が存在するからである。
それは、引力でもなく、電気の力でもない。距離が近いときに働く、核の力である。それは、ひと組みの掛けがねみたいなもので、陽子と中性子とが非常に接近しているときだけ働いて、陽子同士の電気的な反発力を克服する。
中性子は、電気的な反発力を持たず、引きつける核力を持っていて、原子核を一つにまとめておくための接着剤の役目をはたしている。この隠者たちは、孤独を求めながらも、無愛想な連中と鎖でつながれ、みんなに差別なく声をかけ、やさしさを振りまいている。
二個の陽子と二個の中性子が結合すると、ヘリウムの原子核になる。それは、非常に安定している。ヘリウムの原子核が三つ集まると、炭素の原子核となり、四つ集まると酸素の原子核とな

る。五つならネオン、六つならマグネシウム、七つならケイ素、八つなら硫黄、……といった具合である。

一つか、それ以上の数の陽子を加え、核がバラバラにならないだけの、十分な数の中性子を加えれば、いつも新しい化学元素ができあがる。

もし、水銀から陽子一個、中性子三個を取り去ると、それは金に変わる。昔の錬金術師たちが夢みた金である。

ウランより上にも元素があるが、それらは地球上には、自然には存在しない（訳注＝原子番号94のプルトニウムは、わずかながら自然にも存在することがわかった）。それらは人間が作り出したもので、大部分は、急速に崩壊してしまう。そのような元素のうち、原子番号94のものは、プルトニウムと呼ばれている。これは、きわめて毒性の強い元素だが、不運にも、ゆっくりとしか崩壊しない。

**核融合で輝く太陽**

では、自然に存在する元素は、どこからきたのだろうか。それぞれの種類の原子が、別々にできたと考えることもできる。しかし、宇宙のほとんどすべての場所、すべてのものが、つまり宇宙の九九パーセントが水素とヘリウムでできている。この二つは、もっとも単純な元素と、二番目に単純な元素である。

ヘリウムは、この地球上で発見されるより前に、太陽に存在することがわかった。そのため、ギリシャの太陽神のひとりであるヘリオスの名にちなんでヘリウムと名づけられた。ほかの化学

元素は、水素とヘリウムが変化してできたのだろうか。

電気的な反発力に打ち勝って、素粒子が一体となるためには、原子核のかけらを、非常に近いところまで接近させて、近い距離での核力が働くようにしなければならない。このようなことは、超高温のときにだけ起こる。温度が非常に高いときには、粒子はきわめて大きな速度で飛び回るので、反発力は働くひまがない。それは、温度が数千万度に達したときに起こる現象だ。

自然界では、このような高温と、同時に必要な高圧とは、恒星の内部だけに存在する。

私たちは、いちばん近い恒星である太陽を、電波からふつうの可視光線やエックス線に至るまでのさまざまな波長で調べた。これらの波長の電磁波は、すべて太陽のいちばん外の層からだけ出てくる。

太陽は、アナクサゴラスが考えたような、赤い熱い石ではなく、水素とヘリウムの気体の巨大な球であり、高温のために輝いているのだった。それは、火かき棒が赤熱してくると輝き始めるのと同じことであった。アナクサゴラスは、だから、少なくとも部分的には正しかった。

激しい太陽あらしが起こると、明るく輝くフレア（太陽面爆発）が見られ、地球上では短波通信が中断される。そして、太陽の磁場によって曲げられた高温ガスの巨大なアーチが見られる。

＊原注＝地球は例外である。原始時代にあった水素は、地球の弱い引力で引きつけられていただけなので、いまでは、大部分が宇宙へ逃げてしまった。木星は引力が強いため、初期のころの水素も大部分が残っている。

これは紅炎（プロミネンス）と呼ばれているが、地球よりもはるかに大きい炎である。

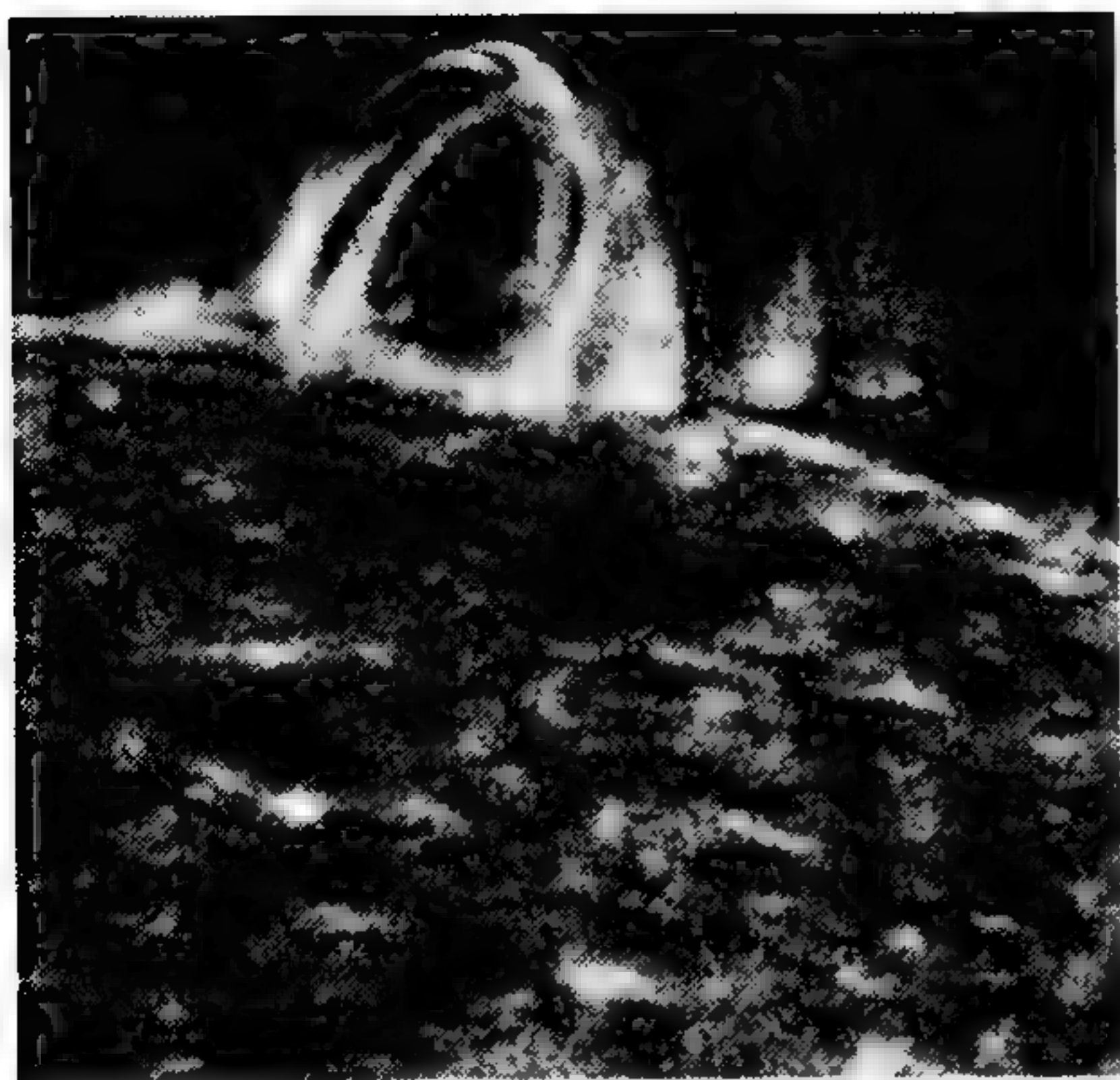
黒点は、太陽が沈むときに肉眼でも見えることがあるが、その黒点は、まわりよりも冷たい地域で、磁場は強まっている。

このような、絶え間なくかき乱すような活動は、太陽の、目で見える比較的冷たい表面での出来事である。表面の温度は、六〇〇〇度ほどにすぎない。しかし、太陽の、隠された内面は四〇〇〇万度ほどの超高温であり、太陽光線は、そのような内部で作られている。

恒星と、そのまわりの惑星は、恒星間宇宙の気体とチリの雲が、引力のために押しつぶされたときに生まれる。雲の内部の分子が衝突し、その衝突のために雲の温度が上がり、ついに超高温となって、水素が核融合を起こしはじめ、ヘリウムに変わってゆく。水素の原子核四個が結合して、ヘリウムの原子核一個となり、そのとき、ガンマ線の光子を放出する。

この光子は、押しつぶされた雲の内部から表面へ向けて壮大な旅をはじめる。光子の上に横たわる物質によって吸収されたり放出されたりしながら、一歩ごとにエネルギーを失いながら、表面への道を切り開き、一〇〇万年もたったころ、可視光線となって表面に達し、宇宙空間へと飛び出す。星にスイッチが入ったのである。

このとき、星になる前の雲の、引力による収縮は止まる。星の外側の層の重量は、内部で起こっている核反応で発生する高温と高圧とによって支えられている。

太陽は、すでに五〇億年のあいだ、このような安定した状態を保ってきた。水素爆弾のような核融合反応が、閉じ込められた状態で連続的に起こり、太陽にエネルギーを供給してきた。太陽

では、毎秒四億トンもの水素がヘリウムに変わりつつある。私たちが夜空に見る星は、核融合反応のおかげで輝いているのである。

はくちょう座のデネブの方向に、超高温気体の巨大なあわが輝いている。おそらく、この巨大なあわの中心のところで、星の死にあたる「超新星の爆発」が起こったのだろう。その周辺では、超新星の爆発による衝撃波のために、星間物質が圧縮され、新しい世代の雲の収縮と星の形成とが起こり始めている。

太陽のフレアとプロミネンス

その意味で、星にも親がある。そして、人間の場合にも、子供の出産のさいに母親が死ぬことが、ときたまあるように、星の親も、子供の誕生のさいに死ぬことがある。

太陽のような星は、オリオン星雲のような、複雑に圧縮された雲のなかから、群れをなして誕生する。外側から見ると、そのような雲は薄暗く陰気に見える。しかし、内部は、新しく誕生した星によって明るく照らされている。

のちに、星たちは子供部屋を出て、銀河系のなかで、自らの運命を切り開いてゆくが、青年期の星のまわりには、明るく輝く星雲の残りかすが、

まるで胎盤のように、引力によって引きつけられている。

プレアデス星団（訳注＝日本名は「すばる」）は、手近にある実例だ。人間の家族と同じように、おとなになった星は、家を離れて遠くへ旅をし、兄弟同士は、おたがいに、ほとんど面倒をみない。

銀河系のどこかに、太陽の兄弟や姉妹にあたる星が、おそらく数十個はあるに違いない。それらは、四六億年ほど前に、同じ雲から生まれた兄弟姉妹なのである。しかし、どの星が太陽の兄弟姉妹なのかはわかっていない。私たちが知っているのは、「おそらく天の川の向こう側にあるのだろう」ということだけだ。

**ニュートリノのなぞ**

太陽の中心部では、水素がヘリウムに変わっている。そのため、可視光線の光子が発生して、太陽は明るく輝いているわけだが、その核融合反応は、そのほかにも、もっと不思議な、幽霊のようなものを放出している。

太陽は、ニュートリノも放出しているのだ。それは、光子と同じように重さがなく、光と同じ速度で飛ぶ。

しかし、ニュートリノは光子ではない。それは、光の一種ではない。ニュートリノは、陽子、電子、中性子と同じように、固有の回転の運動量を持っている。つまりスピン（自転）しているのだ。光子は、まったくスピンしない。

ニュートリノは、物質を透過する。ニュートリノは、地球や太陽を、ほとんど何の苦もなく貫通する。ニュートリノのうちのごく一部分だけが、途中にある物質のために止められる。私が太陽を一秒間見つめると、一〇億個ものニュートリノが、私の眼球を通過する。もちろん、それらは、光子のように私の網膜のところで止まったりはしない。それらは、何ものにも邪魔されず、私の後頭部を突き抜けてゆく。

夜になると、太陽は地球の向こう側にあるけれども、もし、太陽のあるほうの地面を私が見つめれば、昼間に太陽を見たときと、ぴったり同じ数のニュートリノが、あいだにある地球を貫通して、私の眼球に入る。まことに奇妙なことだが、一枚のきれいなガラスが可視光線に対して透明なように、地球はニュートリノに対して透明なのである。

もし、太陽の内部についての私たちの知識が、自分で考えているほど完全なら、そして、ニュートリノを作り出す核物理学を私たちが理解しているならば、私たちは、たとえば私の眼球といったような特定の面積に、たとえば一秒といった単位時間に降り注ぐ太陽のニュートリノの数を、かなり正確に計算することができるだろう。

この計算の結果を実験で確かめることは、計算よりもはるかにむずかしい。ニュートリノは、地球を貫通してしまうので、捕らえることができない。しかし、ものすごい数のニュートリノのなかには、ほんのわずかだが物質と反応するものがあり、適当な条件のもとでは検出することができる。

ニュートリノは、ほんのときたま、塩素の原子を、陽子と中性子の総数の等しいアルゴンに変

える。だが、太陽のニュートリノの流れを検出するためには、ものすごい量の塩素が必要である。
したがって、アメリカの物理学者たちは、塩素を含む洗濯用の漂白液を、サウスダコタ州レッドのホームステイク鉱山のなかに、大量に流し込んだ。そして、その塩素からアルゴンが新しく作り出されたかどうかを、化学的にくわしく調べた。アルゴンがたくさんできていれば、それだけ多くのニュートリノが当たったことになる。
この実験でわかったことは、計算で予測したのに比べれば、太陽はわずかなニュートリノしか出していない、ということであった。
ここには、未解決の、ほんとうのなぞがある。太陽の放出するニュートリノが少ないということは、原子核が恒星のなかで合成されているという、私たちの考えをご破算にするようなものではないだろう。しかし、それは、確かに、なにか重大なことを意味している。
これを説明するための仮説としては「太陽から地球まで飛んでくるあいだに、ニュートリノは、粉々になってしまう」というのから「太陽のなかの原子の火が一時的に衰えているのだろう。現在の太陽の光は、部分的には、引力によるゆっくりした収縮に基づくものだから……」といった説までいろいろある。
だが、ニュートリノ天文学は、まだ非常に新しい。太陽のなかの、燃えさかる心臓部をじかに見ることのできる道具が、いまできたばかりで、私たちは驚いて立ちつくしているところだ。ニュートリノ望遠鏡の感度が改善されれば、近くの星の中心部で起こっている核融合反応を調べることも可能になるだろう。

## 地球を飲み込む太陽

しかしながら、水素の核融合反応は永久には続かない。太陽も、ほかの恒星たちも、その熱い内部には、一定量の水素燃料しか持っていない。星の運命とか、星の寿命とかいったものは、その星の最初の質量にかかっている。

星は、いくらかの物質をたえず宇宙空間に逃がしているが、そのような損失のあとで、なお、太陽の二、三倍の質量があるならば、その星は、太陽とはまるっきり違う終末を迎えるだろう。

だが、太陽の運命も、十分にすばらしいものである。太陽の中心部にある水素は、これから五〇億年か六〇億年たったとき、すべて核融合反応を起こしてヘリウムに変わってしまう。すると、水素の核融合の起こる領域が、ゆっくりと外側へと移動していく。核融合反応の殻が膨張していくのだ。そして、その殻が一〇〇〇万度よりも低い温度のところまで達する。すると、そのとき、水素の核融合反応が止まる。

一方、太陽自身の引力のため、ヘリウムの豊富な中心部は、新たな収縮をはじめ、そのため、内部の温度と圧力とは上がってゆく。ヘリウムの原子核は、さらにゴチャゴチャと密集し、おたがいにくっつきはじめ、短い距離で働く核力の掛けがねが、相互の電気的な反発力に打ち勝つようになってくる。以前の核融合反応の灰が燃料となって、太陽は第二ラウンドの核融合反応を始めるようになってくる。

この反応によって、炭素や酸素の元素ができるし、太陽も、さらにエネルギーを得て、一定の

期間、光り続けることになる。星は不死鳥である。それは、自らの灰のなかから立ち上がって、しばらくのあいだ生き続ける。*

太陽の中心部から遠く離れた薄い殻のところでは、まだ水素の核融合が起こっており、中心部では、高温ヘリウムの核融合が起こっている。この二つの影響が入りまじって、太陽は大きな変化をとげる。太陽は膨張し、外側は冷えてくる。太陽は、巨大な赤い星となる。内部から表面にかけての引力が弱まってくるので、太陽の大気は、まるで恒星間宇宙の暴風のように、宇宙に広がる。

太陽は、赤くふくらんだ赤色巨星となって、水星や金星はもとより、おそらく地球までも取り込み、食べてしまうだろう。太陽系の内域は、太陽そのもののなかにはいってしまう。

いまから数十億年たったとき、地球上では、平穏な日々が終わり、異変が始まる。太陽は、ゆっくりと赤くなってゆき、膨張し始める。地球では、南極や北極でさえ、うだるような暑さとなる。南極と北極の氷は融け、世界各地の海岸は海水に覆われる。海水の温度も上がるので、多くの水蒸気が発生する。そのため、雲がふえ、太陽光線をさえぎる。そのおかげで、地球の最後は、ほんのわずかだけ先へ延ばされる。

だが、太陽の変化は、情け容赦なく進む。大洋は、ついに沸騰し始め、大気も宇宙空間へと蒸発してゆく。そして、想像を絶する大破局が地球を訪れる。**

そのころには、人間は、いまとはまったく違ったものに進化しているだろう。それは、ほとんど確実なことである。私たちの子孫たちは、おそらく星の進化を制御したり、やわらげたりでき

るだろう。あるいは、地球を離れて、火星やエウロパやタイタンなどに向かうかもしれない。そして、ついには、ロバート・ゴダードが想像したように、まだ若くて将来性のある恒星のまわりの、人の住んでいない惑星を探し出すかもしれない。

太陽が、自らの灰を燃料として使えるのは、一定の期間だけである。ついには、太陽の内部がすべて炭素と酸素に変わり、それ以上の核反応を起こし得ない温度と圧力になる時がやってくる。中心部のヘリウムがほとんどすべて使われてしまうと、太陽の内部はゆっくりと収縮し、そのために再び温度が上がり、最終ラウンドの核反応が起こって、太陽の大気は少しばかり膨張する。

太陽は、死の苦しみのために、ゆっくりと脈打つ。数千年の周期で膨張したり収縮したりし、最後には、球状の気体の殻を、いくつか宇宙空間に噴出する。

温度の高い中心部は、むき出しとなり、紫外線を放出する。その紫外線が、気体の殻に当たると、気体の殻は、赤や青の美しい螢光を発する。その光は、冥王星の軌道の外側まで広がって見えるだろう。

＊原注＝太陽よりも大きい恒星の場合は、終末期になったときにも、中心部の温度と圧力とが高いので、自らの灰のなかから二度、三度と生き返ることができる。そのさいには、炭素と酸素とを燃料として使い、もっと重い元素を作り出す。

＊＊原注＝アステカ族は「地球が疲れ、地球の種子が終わりになる」時を予言している。そのときには、太陽は空から落ち、星は天から振り落とされる、と彼らは信じていた。

おそらく、このようにして、太陽の質量の半分は失われるだろう。そのときには、太陽系は、太陽の幽霊とでもいうべき不気味な光に包まれる。

私たちは、銀河系の片すみにいるのだが、いま、私たちのまわりを見渡してみると、光り輝く気体の殻を持った星が数多く存在する。それらは、惑星状星雲と呼ばれている（これらは、惑星とは何の関係もない。しかし、あまりよくない天体望遠鏡で見ると、青緑色の天王星や海王星と同じように見える）

惑星状星雲は、輪のように見えるが、これは、しゃぼん玉の場合と同じように、私たちが、それらの星雲の中心よりも周辺部のほうをよく見ているからである。

惑星状星雲は、すべて死にかけた星の姿である。中心の星のまわりには、死んだ世界があるかもしれない。それらは、かつては生物の満ちあふれた惑星だったのに、いまは大気もなく、海もなく、ただ幽霊のような冷たい光に包まれているだけである。

太陽の中心部は裸になってしまい、はじめは惑星状星雲に包まれている。それは、小さな熱い星となり、宇宙空間に熱を放出して冷えていく。そして、さらに収縮し、地球上では聞いたこともないような密度になる。茶さじ一杯分で一トン以上もあるような、高密度の物質になるのである。

それからさらに数十億年たつと、太陽は退化した白色矮星（わいせい）となる。それは、惑星状星雲の中心に見ることのできる光の点と同じように冷えていき、表面の高い温度はしだいに下がって、死に絶えた黒い小さな星となる。

**大きな星は超新星に**

質量がほぼ等しい二つの星は、ほとんど同じ進化の過程をたどる。しかし、もっと大きな星は、核燃料をもっと早く消費し、もっと早く赤色巨星となり、ずっと早く最終的な白色矮星への下り坂を降りていく。

したがって、連星の大部分は、片方が赤色巨星で、もう一方は白色矮星、といった組み合わせになるはずだ。現実の連星も、だいたいそうなっている。

このような組み合わせの連星が、たがいに近づきすぎていると、接触してしまい、膨張した赤色巨星の、光り輝く大気が、収縮した白色矮星へと流れ込む。それは、白色矮星の表面の一部分に集中して流れ込む。その大気の水素は、白色矮星の強い引力のために圧縮されて、圧力と温度とが、どんどん上がってゆく。そして、ついに、赤色巨星から盗んだ大気が核融合反応を起こすようになる。このとき、白色矮星は燃え上がり明るく輝くが、それは、ほんのちょっとのあいだだけである。

このような連星は「新星」と呼ばれている。これは超新星とは、まったく起源が違う。新星は、連星だけで起こり、そのエネルギーは水素の核融合で作られている。一方、超新星は、単独の星で起こり、そのエネルギーはケイ素の核融合で生じている。

星の内部で作られた原子は、宇宙空間に放出され、ふつう星間ガスとなる。赤色巨星の外側の大気も、宇宙空間へと噴き出していく。惑星状星雲は、太陽に似た星が、自らの表面を吹き飛ば

しながら、星としての最終段階へと近づきつつある姿である。

超新星は、自らの物量を、激しく宇宙空間に噴き出す。放出される原子は、星の内部での核融合反応で容易に作られるものばかりである。水素はヘリウムとなり、ヘリウムは炭素となり、炭素は酸素となる、といった具合である。巨大な星のなかでは、ヘリウムの原子核がさらにつけ加えられて、ネオン、マグネシウム、ケイ素、硫黄などが作られる。一段の核融合で二つの陽子と二つの中性子とがつけ加えられ、いくつもの段階を経て鉄ができる。

また、ケイ素の直接的な核融合でも鉄ができる。ケイ素の原子核は、陽子と中性子とを合わせて二八個の粒子でできているが、それが、数十億度の高温のもとで二つずつ融合して、鉄の原子となる。それは、陽子と中性子とを合わせて五六個の粒子を持っている。

これらは、いずれも、見なれた化学元素である。私たちは、それらの名前を知っている。このような星の核反応では、エルビウム、ハフニウム、ジスプロシウム、プラセオジム、イットリウムなどは、容易には作られない。そのような星の核反応でできるのは、私たちが毎日の暮らしのなかで知っている元素である。それらは、星間ガスとなり、雲となって押しつぶされ、つぎの世代の恒星や惑星の材料となる。

地球を構成している元素は、水素と、いくらかのヘリウムとを除いて、すべて数十億年前に、星の錬金術によって調理されたものである。その錬金術師の星のいくつかは、今日、銀河系のあちら側で、目立たない白色矮星となっていることだろう。

私たちのＤＮＡのなかの窒素も、歯のなかのカルシウムも、血液のなかの鉄も、私たちのアッ

プル・パイのなかの炭素も、収縮する星の内部で作られた。私たちのからだも、星の物質でできている。

まれにしか存在しない元素のいくつかは、超新星の爆発によって作られた。地球上には金やウランが比較的豊富にあるが、それは、太陽系ができる直前に、近くで数多くの超新星が爆発したからにほかならない。

ほかの惑星系の場合、そのようなまれな元素の存在量は、地球とは、いくらか違っているだろう。ニオブのペンダントやプロトアクチニウムの腕飾りを誇らしげに身につけている人たちがいて、金は実験室のめずらしい研究材料にすぎない、といった惑星がどこかにあるだろうか。もし、この地球上で、金やウランが、プラセオジムと同じように、ほんのわずかしかなく、つまらぬものであったなら、私たちの暮らしは、もっとよくなっていただろうか。

生命の起源や進化は、星の起源や進化ときわめて密接に関係している。第一に、私たちのからだを作っている物質、生命を可能にした原子は、ずっと昔に、はるかかなたの赤色巨星のなかで作られたものである。

宇宙にある化学元素の存在比と、恒星のなかで作られる原子の量の比とは、非常によく一致する。したがって、赤色巨星と超新星とが、物質を作り上げたオーブンであり、るつぼである。そのことには、ほとんど疑問の余地がない。

太陽は、第二世代か第三世代の星である。太陽のなかにある物質や、私たちの身のまわりにある物質は、すべて、星の錬金術の一回か二回前のサイクルで作られたものである。

第二に、何種類かの重い元素が地球上に存在するということは、太陽系が作られる直前に、近いところで超新星の爆発があったことを示している。しかし、これは、単なる偶然の一致とは思えない。超新星の爆発による衝撃波が恒星間宇宙の気体とチリとを圧縮し、それがきっかけとなって凝縮が始まり、太陽系ができたのだろうと思われる。

第三に、太陽が輝き始めたとき、紫外線が地球の大気に降り注いだ。大気の温度が上昇して雷が発生し、その稲妻がエネルギー源となって複雑な有機物が作られ、それが生命の起源に結びついた。

第四に、地球上の生物は、ほとんど太陽光線だけを頼りにして生き続けている。植物は太陽からの光子を集め、太陽エネルギーを化学エネルギーに変えている。動物は、植物に寄生している。農業というのは、植物を仲介者として太陽光線を一定の方法で収穫することである。私たちのほとんどすべてが、太陽をエネルギー源としている。

最後に、突然変異と呼ばれる遺伝的な変化が、進化の材料となっているが、その突然変異の一部は宇宙線によって引き起こされている。宇宙線とは、超新星の爆発のさいに、光とほとんど同じ速度で放出された高エネルギー粒子の流れだが、それが生物にあたると、突然変異を起こすことがある。自然は、その突然変異を起こした生物のなかから、新しい形の生物を選び出す。

地球上の生物の進化の一部は、遠く離れた巨大な太陽の、はなばなしい死によって進められているのである。

いま、ガイガー・カウンターと、ひとかけらのウラン鉱石とを持って、地下の深いところへ行くとしよう。たとえば、金鉱山でもよいし、溶けた岩石の川が地下につくったほら穴（溶岩トンネル）のなかでもよい。

鋭敏なカウンターは、ガンマ線や、陽子とかヘリウム原子核とかの高エネルギー荷電粒子を浴びると音を出す。カウンターをウラン鉱石に近づけると、一分間あたりの音の数が劇的に多くなる。つまり計数率が急に大きくなる。それは、ウランの原子核が自然に崩壊してヘリウムの原子核を放出するからである。

いま、ウラン鉱石を、鉛の重い容器のなかに入れると、計数率はかなり小さくなる。それは、鉛がウランの放射線を吸収するからである。しかし、それでも、私たちは、いくらかの音を聞くことができる。残っている音の一部は、ほら穴の壁に含まれている自然の放射性物質によるものである。しかし、そのような放射性物質だけでは説明できないほどの音が残っている。その一部は、ほら穴の天井を貫いてくる高エネルギー荷電粒子によるものである。私たちは、ずっと前の時代に宇宙の深いところで作られた宇宙線の音を聞いているのである。

宇宙線は、主として電子と陽子とでできているが、それは、この地球上に生命が誕生してからこのかた、ずっと地球をたたき続けてきた。数千光年のかなたにある星がこわれて、宇宙線が生まれ、その宇宙線は銀河系のなかを、数百万年ものあいだ、うず状に飛び回り、そのうちのいく

らかが、たまたま地球と、私たちの遺伝物質とに当たるのである。
おそらく、遺伝子の符号の発達や、カンブリア紀の生物の爆発的な発展、私たちの祖先が二本足で歩くようになったことなどは、宇宙線の影響によるものだろう。
一〇五四年七月四日、中国の天文学者たちは、おうし座のなかに新しい星を見つけ「客星」と呼んだ。それは、以前には観測されたことのない星だったが、天のなかでもっとも明るい星となった。地球を半周したアメリカの南西部には、そのころ、高い文化を持った人たちが住んでいた。彼らも、天文学の豊かな伝統を持っており、この明るい新しい星を見た。*
この人たちのたき火の残りかすを、炭素14による年代測定法で調べたところ、彼らは一一世紀のなかごろの人間であることがわかった。彼らは、現在のニューメキシコ州の岩壁の出っ張りの下に住んでいた。彼らは、いまのホーピ・インディアンの祖先にあたるアナサージ族であった。
彼らのひとりは、岩壁の天井の、雨風の当たらぬところに、新しい星の絵を描いたようだ。その絵の三日月と新しい星の位置関係は、現実の位置関係とぴったり一致している。
その絵には、手形がひとつ押してあったが、それは、おそらく画家の署名だったと思われる。
このすばらしい星は、五〇〇〇光年ほど離れたところにあり、現在は「かに超新星」とか「かに星雲」とか呼ばれている。なぜなら、それから何世紀もたってから、天文学者たちが、この爆発の残りかすを天体望遠鏡で見たとき、どういうわけか、かにを連想したからである。この「かに星雲」は、巨大な星が、自らを吹き飛ばしたあとの残りかすである。
この大爆発は、三カ月のあいだ、地球上の人たちが肉眼で見ることができた。真昼でも、それ

は、はっきり見ることができ、夜には、この星の光で本を読むことができた。

平均すれば、超新星は、ひとつの銀河のなかでは、一〇〇年に一回ぐらいのわりで現れる。代表的な銀河の寿命は、ほぼ一〇〇億年だが、その一〇〇億年のあいだに、約一億個の星が爆発する。それは、ものすごい数だが、それでも、そのような爆発をするのは、一〇〇〇個の星のうち一個のわりである。

銀河系のなかでは、一〇五四年の超新星のあと、一五七二年にも超新星が観測された。それは、ティコ・ブラーエが記録している。さらに、その直後の一六〇四年にも超新星が現れた。これは、ヨハネス・ケプラーが記録している。**

＊原注＝回教徒の観測者も新しい星に気づいていた。しかし、ヨーロッパの年代記には、この星についての記載は見あたらない。

＊＊原注＝ケプラーは一六〇六年に『新しい星について』という本を出版した。そのなかで、彼は「(超新星は)天の原子が結合した結果生じる現象ではなかろうか」と述べている。そして、彼のこの説は「私自身の見解ではなく、私の妻の意見である。きのう、ものを書いていて疲れたときに、私は夕食に呼ばれた。私が頼んでおいたサラダが、私の前に置かれていた。『もし、スズのおさらや、レタスの葉、塩の粒、水、酢、油のしずく、卵の薄切りなどが、すべて空中を永久に飛び回っているなら、いつか偶然にサラダになることもあるだろう』と私はいった。すると、私のかわいらしい妻は『そうでしょう。でも、それは私の作ったサラダほどおいしくはないでしょう』といった」。

残念なことに、天体望遠鏡が発明されてからは、私たちの銀河系のなかでは、超新星は、まだ一つも現れていない。

しかし、ほかの銀河のなかでは、現在、しばしば観測されている。ここで私が書きたいと思う超新星の候補はたくさんあるが、そのなかで、一九〇〇年代初期の天文学者たちが聞いたら、びっくりして完全に腰を抜かすだろう、と思われるのは、デビッド・ヘルファンドとノックス・ロングとが、一九七九年一二月六日付のイギリスの科学雑誌『ネイチャー』に書いた論文である。

それは、こう述べている。

かに超新星

「一九七九年三月五日、放射線の爆発的な増加を検出する計器を積んだ九つの惑星間宇宙探測器が、硬いエックス線とガンマ線との猛烈な爆発的増加を記録した。探測器の飛行時刻から位置を推定したところ、大マゼラン雲のなかの超新星の残りかすであるN49のところと一致していた」

(大マゼラン雲は、北半球に住む人間のうち初めてこの星雲を見たのがマゼランだったので、

そう呼ばれている。それは、銀河系のまわりをめぐっている小さな銀河で、地球から一八万光年の距離にある。その名前から予想される通り、小マゼラン雲というのもある）

ところが、ソビエトのレニングラードにあるヨッフェ研究所のE・P・マゼッツらは、『ネイチャー』の同じ号のなかで、別な議論を展開した。ソビエトの探測器・金星11号と12号とは、金星への軟着陸をねらって飛んでいたが、この二個の探測器に積んであったガンマ線検出器が、同じものを観測していた。マゼッツたちは、その観測データから「これは、数百光年しか離れていないパルサー（訳注＝〇・〇三秒から四秒ぐらいの間隔で規則正しく電波を出している天体。磁場をもった中性子星だろうといわれる）の爆発によるものだ」と主張した。

ヘルファンドとロングとは「超新星の残りかすと位置が一致している」と言っただけで、爆発的なガンマ線が、そこから来ている、とは言わなかった。彼らは、その放射線の発生源が太陽系のなかにあるという、驚くべき可能性をも含めて、いろいろな場合があり得ると、幅広く考えていた。それは、ほかの世界の恒星間宇宙船が、自分の世界に戻るときに放出した排ガスなのかもしれない。しかし、N49のところにある星の火が燃えたったのだろう、と考えるのが、もっとも単純な仮説である。超新星のようなものが、そこにあったことだけは確かだろう。

### 宇宙の灯台パルサー

太陽が赤色巨星になったとき、太陽系の内域の惑星たちがたどる運命は、まことに恐ろしいものである。しかし、少なくとも、それらの惑星は、超新星の爆発によって溶かされたり、じりじ

り焼かれたりすることはない。そのような運命をたどるのは、太陽よりも大きな恒星のまわりにいる惑星たちである。

そのような大きな恒星は、温度も圧力も太陽より高いので、貯えられている核燃料をずっと早く使いつくしてしまう。したがって、そのような恒星の寿命は短い。太陽の何十倍もあるような恒星は、わずか数百万年のうちに、水素をヘリウムに変えてしまい、すぐに、もっと珍しい核反応へと移ってゆく。

したがって、そのような巨大な恒星のまわりにある惑星では、生物たちは、十分に進化するだけの時間を持つことができない。そのため、自分たちの恒星が、いずれは超新星になるだろう、ということを、彼らは決して知ることができない。超新星のことを理解できるほど長く生きている生物が、もしいるとしたら、その生物たちの恒星は、おそらく超新星にはならないだろう。

超新星の爆発が起こるための、欠くことのできない条件は、ケイ素の核融合によって、鉄の巨大な核ができることである。恒星の内部にある自由な電子は、巨大な圧力のもとで、鉄の原子核の陽子とむりやりにくっつけられてしまい、同じ量の反対の電気は、たがいに打ち消し合うことになる。電子と鉄の原子核とは、前よりは、はるかに狭い小さな容積のなかに押し込められ、まるで一個の巨大な原子核のようになる。

そして、恒星の核は激しく爆発する。外側の部分は吹き飛ばされ、超新星の爆発となる。超新星は、それが属している銀河のすべての星を合わせたよりも、明るく輝くことがある。

オリオン座のなかにある青白色の超巨星たちは、最近誕生したばかりだが、数百万年ののちに

は超新星となり、狩り人の星座の〝宇宙花火〟となる。彼らは、そのように運命づけられている。

超新星の恐ろしい爆発が起こると、その星の持っていた物質のほとんどすべてが宇宙空間に放出される。残っていたわずかばかりの水素とヘリウム、それに、ものすごい量の炭素、ケイ素、鉄、ウランなどの原子が吹き飛ばされるのだ。

あとに残るのは、熱い中性子の塊である。それは、中性子が核力でたがいに結合したもので、原子量が一〇の五六乗という巨大な原子核である。それは、直径が三〇キロメートルほどの太陽であり、小さな、収縮した、密度の高い、しなびた星のかけらで、めまぐるしく自転している。これは、中性子星と呼ばれている。

ばかでかい赤色巨星の核も収縮すると、このような中性子星となる。それは、もっと速く自転する。

かに星雲の中心にある中性子星は、巨大な原子核だ。それは、ニューヨーク市のマンハッタン区（訳注＝東京の世田谷区ほどの大きさ）ぐらいの大きさで、一秒間に三〇回ぐらいのわりで自転している。それは、収縮のさいに強められた強烈な磁場を持っている。木星の、はるかに小さな磁場が荷電粒子を捕らえているように、この中性子星の強烈な磁場も、荷電粒子を捕らえている。

回転する磁場に捕らえられた電子は、指向性のある電波や可視光線を出している。もし、地球が、この宇宙の〝灯台〟の光のなかに入ると、自転のたびごとに、パッ、パッと光るのが観測される。そのため、これはパルサー（脈動星）とも呼ばれている。電波や光が、脈（パルス）を打つように観測されるからである。パルサーは、まるで宇宙のメトロノームのように、またたいたり、

点滅したりしている。それは、地上のいちばん正確な時計よりも、はるかに正確に時を刻んでいる。

たとえば、「PSR 〇三二九+五四」のようないくつかのパルサーについて、その電波の脈動を長期間測定したところ、このような星のまわりには、一つか、あるいはもっと多くの小さな惑星があるのではないか、と思われるようになった。そのような惑星は、恒星が進化してパルサーになるまでのあいだ、どうにか生き延びたものか、あるいは、のちになってパルサーの引力に捕らえられたものだろう。

このような惑星から見た天は、どんなだろうか、と私は考える。

中性子星の物質は、茶さじ一杯の分量で、地球上の山一つと同じくらいの重さがある。だから、あなたが中性子星のかけらを手にしたとしたら、すぐに放すほかないだろう（それ以外には、ほとんど何もできないだろう）。すると、それは、空気中を落下する石ころと同じように、地球のなかを楽々と通り抜けてゆく。地球に、自分のための穴をあけながら進み、反対側に出てくるのだ。アメリカで落とせば、おそらく中国に出てくるだろう。

それが飛び出してくるところでは、人びとは散歩をしているかもしれないし、自分の商売のことを心配しているかもしれない。そんなとき、中性子星の小さなかけらは、地面から出てきて、ちょっとのあいだ空中にとどまり、それから再び地球のなかへと戻ってゆく。それは、決まりきった毎日の暮らしに、少なくとも、ちょっとした変化を与えるだろう。

すぐ近くの宇宙から、中性子星のかけらが落ちてきて、自転している地球にぶつかると、それ

は、地球のなかを何回となくいったりきたりする。それは、何万個もの穴を地球にあけたあと、地球の内部の摩擦のために止まってしまう。それが地球の中心部で静止するころには、私たちの地球の内部は、ちょっとのあいだ、穴の多いスイス・チーズのようになる。しかし、地下の溶けた岩石や金属の流れが、やがて、その傷をなおしてしまう。

中性子星の物質が大きな塊となって地球にやってきたことはないようである。しかし、小さな塊はどこにでもある。中性子星の恐るべき力は、すべての原子の核のなかに隠れている。それは、茶わんやネズミや、私たちが吸い込むあらゆる空気、すべてのアップル・パイのなかに隠れている。中性子星は、ありふれたものも尊敬するようにと、私たちに教えている。

すでに述べたように、太陽のような星は、赤色巨星となり、続いて白色矮星となって生涯を終わる。一方、太陽の二倍の質量を持ち、収縮しつつある星は超新星となり、そのあと中性子星となる。

だが、超新星の段階を経たあとでも、たとえば太陽の五倍ほどの質量をもつような、もっと巨大な恒星は、さらにすばらしい運命をたどる。その巨大な引力のために、ブラック・ホールになるのである。

### 恐怖のブラック・ホール

いま、魔法のような引力機械があるとしよう。ダイヤルを回すだけで地球の引力を強めたり弱めたりできるような機械である。

はじめには、この機械のダイヤルは1gのところに合わせてある。この状態なら、すべてのものが、私たちの期待している通りにふるまう。地球上の動物や植物は1gのもとで進化してきたし、建物の構造などは、1gのもとで設計されている。

もし、引力が1gよりもはるかに小さければ、背の高い、ひょろ長いものが、この地球上に存在し、自らの重さで倒れたり、くずれたりすることはなかっただろう。

もし、引力が1gよりも、はるかに大きかったら、植物、動物、建物などは、つぶれないように、もっと低い、うずくまるような、丈夫なものになっていただろう。

しかし、かなり強い引力の場のなかでも、光は、私たちの毎日の暮らしのなかでと同じように、直線にそって進むだろう。

ここで地球の代表的なものごとについて考えよう。私たちが引力を下げてゆくと、物は軽くなってゆく。0gに近づくと、ちょっとしたはずみで、私たちの友達は空中に浮き、グルグルと回転する。こぼれたお茶や、そのほかの液体は、水の玉となって空中に浮き、ぶるんぶるんとふるえる。水の表面張力のほうが、引力よりも大きくなるのである。あちこちに、お茶の球ができるだろう。

いま、機械のダイヤルを1gに戻せば、お茶の雨が降るだろう。いま、引力を1gから3gとか4gとかにふやすと、だれもが動けなくなってしまう。一歩動くのにも、ものすごい努力を要する。引力機械のダイヤルをもっと大きな数字のほうへ回すときには、友達を、その引力の場の外へ出してあげるのが親切というものだ。

ちょうちんの光は、引力が数gになっても0gのときと同じように、完全な直線にそって進む。1000gになっても、まだ直線的に進む。しかし、木はすでにつぶれてしまい、ぺちゃんこになっているだろう。10万gになると、岩石も自らの重さのために、粉々に砕けてしまう。ついには、すべての生物が死に絶える。天の特別な恵みによって生き残るのは、チェシャ猫（訳注・

＊原注＝1gとは、地球上の落下物体にかかる加速度である。それは、一秒ごとに、ほぼ秒速一〇メートルずつ速くなる、という加速度である。石が落ちるときには、落ち始めて一秒たつと、秒速約一〇メートルの速度となり、二秒たつと秒速二〇メートルの速度となる。石が地面にぶつかるか、空気との摩擦で減速されるまで、このような加速が続く。

引力の大きな世界では、落ちる物体は、それだけよけいに加速されることになる。たとえば、10gの加速度を生じる世界では、落ちる石は、最初の一秒間で、毎秒一〇×一〇メートル、つまり秒速一〇〇メートルほどのスピードになり、つぎの一秒間で秒速二〇〇メートルまで加速される、といった具合である。そのような世界では、ちょっとつまずいて倒れただけで、いのち取りとなるだろう。

引力による加速度は、ふつう小文字のgで表される。これは、ニュートンの引力の定数Gと区別するためである。このGは、宇宙空間のあらゆる場所での引力の強さを示すもので、ある世界、ある太陽にだけ通用する、といったものではない。（二つの物体に関するニュートンの引力の式は、$F=mg=GMm/r^2$である。したがって、$g=GM/r^2$となる。ここでFは引力の大きさ、Mは惑星または恒星の質量、mは落下物体の質量、rは落下物体から惑星または恒星の中心までの距離である）

『不思議の国のアリス』に出てきて、にやにや笑う奇妙な猫）だけである。
引力が10億gに近づくと、もっと不思議なことが起こる。それまで、まっすぐに天に向かっていた光が曲がりはじめる。ものすごい引力のもとでは、光さえも影響を受けるのである。
引力をさらに強くすると、光は、私たちの足もとに引き戻されてしまう。そうなれば、宇宙のチェシャ猫も姿を消し、その引力の笑いだけが残るだろう。
引力が十分に強ければ、すべてのものが外へ出られなくなる。光さえも出てゆけない。そのような場所が、ブラック・ホールと呼ばれているものである。それは、まわりのものとは無縁な、なぞめいた存在であり、一種のチェシャ猫である。
もし密度と引力とが十分に大きくなれば、その星は、ブラック・ホールとなり、私たちの宇宙から姿を消してしまう。それだからブラック（黒）と呼ばれているのだ。光は、そこから出てくることができない。しかし、その内部には光が捕らえられているので、すべてのものが明るく照らされていて魅力的だろう。
ブラック・ホールは、外からは見えないが、しかし、そこに引力があることはわかる。恒星間宇宙の旅をしているとき、注意を怠ると、あなたはブラック・ホールに引き込まれてしまうだろう。そのとき、あなたのからだは、いやというほど引き伸ばされて、細い糸のようになってしまう。そして、再び戻ってくることはできない。
ブラック・ホールから生きて帰れることはないけれども、もし生きて帰れたとしたら、土星の輪のような、ブラック・ホールのまわりの輪にあらゆるものが引き込まれてゆく光景を、あなた

は、けっして忘れることができないだろう。

太陽の内部の核融合反応は、太陽の外側を支えており、そのおかげで、数十億年のあいだ、引力による破局的な収縮は起こらない。それが白色矮星になったときには、原子核からはぎとられた電子の圧力が、星をふくらませている。中性子星の場合は、中性子の圧力が引力による収縮を防いでいる。

しかし、超新星の爆発や、その他の激烈な出来事ののちに残った老齢の星の場合、もしその質量が太陽の数倍以上あれば、その収縮を防ぐ力は、なにもない。その星は、信じられないほどに収縮し、自転し、赤くなり、そして姿を消す。

太陽の二〇倍の質量を持つ恒星は、ロサンゼルス市（訳注＝札幌市ほどの大きさ）ぐらいの大きさになるまで収縮する。そのときの引力は10の10乗gほどになり、その星は、自ら作り出した時間・空間連続体の割れ目のなかに落ち込んで、姿を消してゆく。

## 底なしの引力トンネル

ブラック・ホールのことを最初に考えたのは、イギリスの天文学者ジョン・ミッチェルで、それは一七八三年のことだった。しかし、彼の考えは、あまりにも奇怪であったため、ごく最近まで無視されてきた。ところが、宇宙にブラック・ホールがあることを示す証拠が現実に見つかった。これには多くの人が驚いた。多くの天文学者もびっくりした。

地球の大気は、エックス線を通さない。そのため、天体が、エックス線のような波長の光を出

しているかどうかを調べるには、エックス線望遠鏡を大気の外まで持ち上げなければならない。

最初のエックス線観測衛星は、すばらしい国際協力によって打ち上げられた。それは、イタリアがケニアの沖にこしらえた海上発射台から、アメリカが打ち上げて軌道にのせたもので、その衛星は「ウフル」と名づけられた。「ウフル」とは、スワヒリ語で「自由」という意味である。「ウフル」は一九七一年に、はくちょう座のなかにある、すばらしく明るいエックス線源が、一秒間に一〇〇〇回も、ついたり消えたりしていることを発見した。

このエックス線源は「はくちょう座エックス1」と呼ばれているが、これは非常に小さい天体に違いない。どういうわけでついたり消えたりするかとは関係なく、一〇〇〇分の一秒ごとの点滅の情報は、はくちょう座エックス1の端から端まで、光よりも遅い速度でしか伝えられない。

いま、秒速三〇万キロメートルに一〇〇〇分の一秒を掛けると三〇〇キロメートルになるが、はくちょう座エックス1の直径は、この三〇〇キロよりも大きくはない。つまり、小惑星ほどの大きさのものが、明るい、またたくエックス線の源であり、はるかな恒星間宇宙を超えた地球の周辺からも見ることができるのである。

それは、いったい何なのだろうか。はくちょう座エックス1のあるところは、熱い青い超巨星のあるところと正確に一致している。その超巨星は、可視光線で見ることができるが、観察すると、すぐ近くに巨大な見えない同伴者がいて、超巨星に引力を及ぼし、まず、ある方向へ引っぱり、つぎには別な方向へと引っぱっている。

同伴者の質量は、太陽の約一〇倍である。超巨星がエックス線を出すとは思えない。そこで、

可視光線の観測から推定された同伴者がエックス線を出していると考えたくなる。
太陽の一〇倍の重さがあって、しかも小惑星ほどの大きさに収縮してしまった、見えない天体は、ブラック・ホール以外にない。
超巨星の気体やチリが、はくちょう座エックス1のまわりに引き込まれて、土星の輪のようなものを作っており、その輪の摩擦によってエックス線が発生しているのだろう。そう考えると納得がいく。
このほか、さそり座V861とか、GX339－4、SS433、コンパス座X2などは、ブラック・ホールの候補者たちである。
カシオペア座の電波源Aは超新星の残りかすである。その爆発の光は一七世紀のころに地球に届いたと思われる。そのころには、相当な数の天文学者がいたが、だれも、この爆発を記憶していない。I・S・シュクロフスキーが言っているように、おそらく、近くに、隠れたブラック・ホールがあり、爆発した星の核を食べてしまったのだろう。そのために、超新星の火は弱められたと思われる。
宇宙空間に打ち上げられた天体望遠鏡は、伝説的なブラック・ホールのにおいや足跡を追って断片的なデータを集める道具である。
ブラック・ホールのことを理解するには、宇宙空間の曲面を考えるとよい。いま、グラフ用紙のように線を引いた、平らな柔らかいゴムの板があるとしよう。そのうえに小さな物を落とすと、ゴム板は変形し、しわが寄る。そのしわのまわりに、同心円状の模様が広がってゆき、太陽のま

わりの惑星の軌道のような形になる。

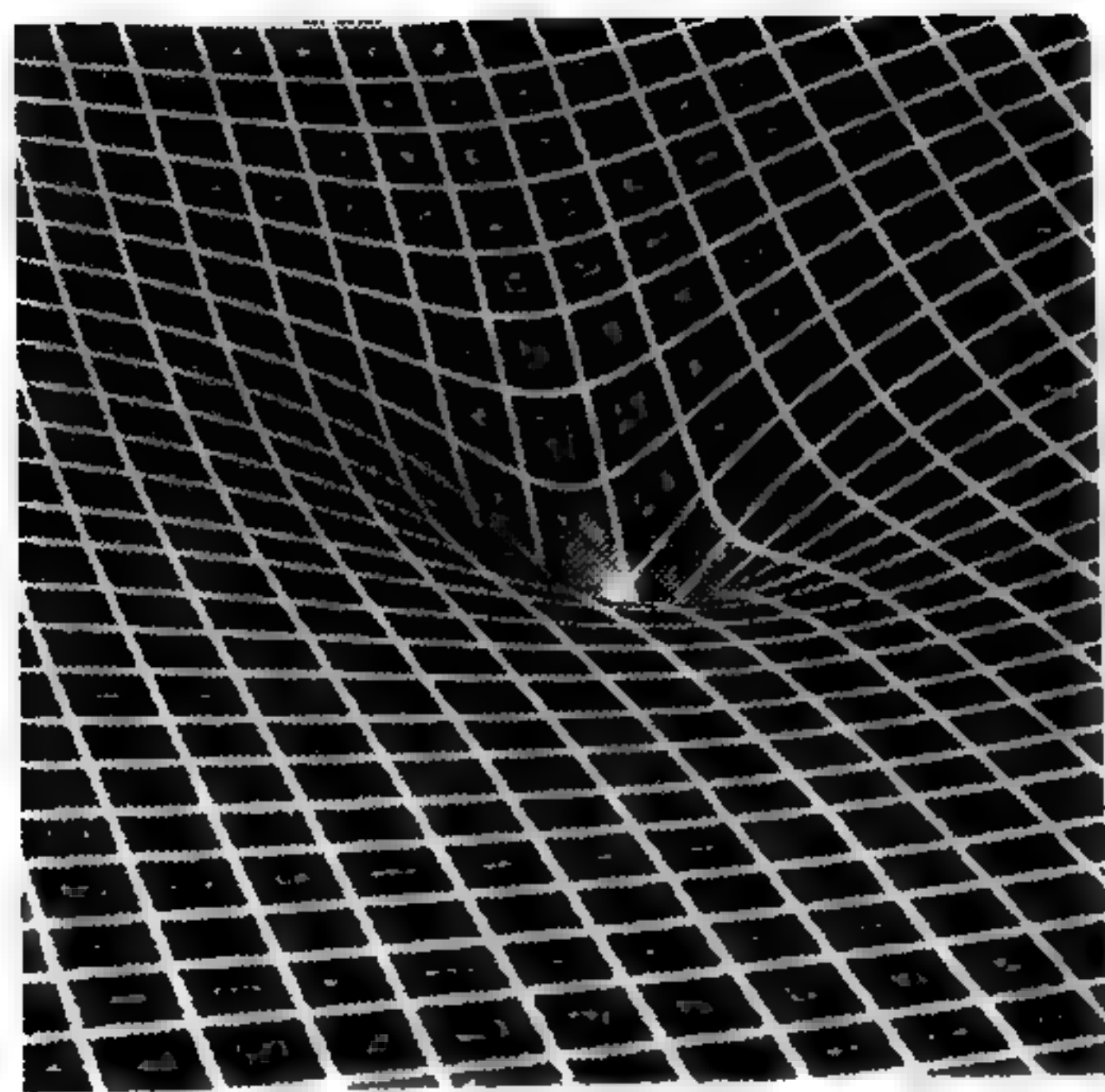
アインシュタインの解釈によれば、引力は宇宙の構造に生じたひずみであるという。私たちのゴム板の例の場合は、二次元の空間が物体によって三次元にゆがめられた。それを、私たちは見た。

いま、私たちは三次元の宇宙に住んでいて、それが物体（質量）によって局部的に四次元に曲げられる。それを、私たちは、じかには知り得ないと考えよう。

その物体の質量が大きければ大きいほど、より大きな局所的引力が生じ、そのために、より目立つしわや変形、つまり宇宙のひずみが生じる。

これから類推すれば、ブラック・ホールは、底なしの穴である。そのなかに落ち込んだら、なにが起こるだろうか。外から見ていると、その穴を落ちていくのには、無限に長い時間がかかるように思われる。なぜなら、あなたの時計は、機械的な時計も生物学的時計も、すべて止まっているように感じられるからである。しかし、落ちてゆく本人の目には、すべての時計が正しく時を刻んでいるように思われる。

もし、あなたが引力の潮汐や放射線に、なんとか耐えて生き延びることができ、しかも、そのブラック・ホールが自転しているとすれば（自転している可能性は大きい）、あなたは、時間・空間の別な部分に出てくることになるかもしれない。宇宙のどこか別のところの、どこか別の時代に出てくるのだ。

このような、宇宙の〝虫の穴〟は、リンゴの〝虫の穴〟に似ているが、そのようなものがある

ということは、以前からまじめに主張されてきた。しかし、その存在を証明することは、これまで不可能だった。

このような引力のトンネルは、恒星間旅行や銀河間旅行の〝地下鉄〟になり得るのだろうか。そこを通れば、ふつうの道路を通るよりも、もっと速く、近づきにくい場所へ行けるのだろうか。ブラック・ホールは、私たちを遠い昔や、遠い未来へと連れてゆくタイム・マシンとして役立つのだろうか。

このような考えが、ふざけ半分にもせよ論議の対象になっている、ということは、宇宙がいかに超現実的であるかを示している。

ゴム方眼紙のひずみ

**人類は「宇宙の子」**

私たちは、きわめて深い意味において「宇宙の子」である。夏の晴れた日に、上を向いたとき顔にあたる太陽の熱を考えてみよう。太陽を肉眼で見つめることがどれほど危険なことかを考えてみよう。一億五〇〇〇万キロも離れたところにいても、私たちは、太陽の力を知ることができる。

もし、太陽の、わき立つような、輝く表面の上に私たちが立ったら、もし太陽の核の火のなかに私たちが沈ん

でいったら、私たちは、なにを感じるだろうか。太陽は、私たちを温め、私たちに食べものを与え、私たちがものを見ることができるようにしてくれている。太陽は、地球を豊かにしてくれている。太陽は、人間の経験を超えた力を持っている。

鳥は、朝、喜びの声をあげて日の出を迎える。単細胞の生物にさえ、光のほうへ泳いでゆくものがある。私たちの祖先は太陽を崇拝したが*、それは、ばかげたことではなかった。

しかし、それでもなお、太陽は、ふつうの平凡な星にすぎない。もし私たちが、自分よりも強いものを崇拝しなければならないとしたら、太陽や星を崇拝しても、無意味ではないだろうか。

研究者たち自身は気がついていないこともあるが、しかし、あらゆる天文学の研究の深いところには、畏敬の念が核のように隠されている。

銀河は、星という名の不思議な生きもので満たされている。そこは、まだ探検されていない大陸である。私たちは、予備的な偵察を行い、いくつかの生きものに出会った。そのなかには、私たちの知っている生きものに似たものもおり、私たちの自由な空想をはるかに超えた奇怪なものもいた。

しかし、私たちは、まだ探検を始めたばかりである。銀河の大陸のもっともおもしろい生きものは、まだ知られていないし、予想されたことさえない。そのことを、私たちのこれまでの発見の旅は示している。

銀河系からあまり遠くないところに、ほとんど確実に惑星がある。それは、マゼラン星雲のなかの恒星のまわりをめぐっているし、銀河系を取り巻く球状星団のなかの恒星をもめぐっている。

そのような世界にいってみれば、銀河系が地平線からのぼってくるのが見えるだろう。それは、息をのむような光景である。それは、四〇〇〇億個の星からなる巨大なうずまき型の銀河なのだ。そのなかには、収縮しつつあるガス雲もあるし、凝結しつつある惑星系もあり、明るく輝く超巨星も、安定した中年の星も、白色矮星も、惑星状星雲も、新星も、超新星も、中性子星も、ブラック・ホールもある。

そのような世界から見れば、私たちのからだの物質や形や性格の大部分が、生命と宇宙との深い関係によって決められていることが、はっきりとわかるだろう。私たちは、いま、地球のうえでそのことを理解し始めたところである。

＊原注＝古代のスメル人は、神を表す絵文字として星形のしるしを使った。それは、星を示す記号であった。一方、アステカ族は、神を「テオイル」と呼んだが、それを示す絵文字は太陽を表すものだった。天は「テオアトル」と呼ばれた。これは「神の海」「宇宙の海」という意味だった。

# 10 永遠のはて

「天地の前に生まれ、混沌のうちに存在したものがある。沈黙と無のうちにそれは立ち、変わることがない。動いても疲れず、世界の母となることができる。私はその名を知らない。したがって、それを『道』と呼ぶ。とりあえず『偉大な者』と、それを呼ぶ。偉大であるがゆえに、それは退く。退いてさらに遠ざかり、遠ざかってから戻ってくるという」

——老子『道徳経』(中国、西暦紀元前六〇〇年ごろ)

「晴れた天の高い目立つところに、一つの道がある。それが天の川である。それは、自らの光で輝いている。神々は、その道を通って、ゼウス神の住む王宮へと向かう。……有名な力強い天の住人たちは、そこに家を持っている。思い切っていえば、そこには、偉大なる空の宮殿への道がある」

——オウィディウス『メタモルフォーセス』(ローマ、一世紀)

「創造主が世界を造ったと、ばか者たちはいう。世界が造られたという教義は誤っており、拒否すべきものだ。もし神が世界を造ったというのなら、その創造の前には、神はどこにいたのだろうか……。神は何の材料もなしに、どうやって世界を造ったのだろうか。もし、神はまず材料を

造り、それから世界を造った、というとすれば、それは、どこまでも続くきりのない話になってしまう……。世界は、時間と同じように、創られたものではなく、はじめも終わりもないことを知るべきだ。そして、世界は原理に基づいている」

——ジナセーナ編『マハープラーナ（偉大な伝説）』（インド、九世紀）

### さまざまな銀河の誕生

一〇〇億年か二〇〇億年前に、なにごとかが起こった。ビッグ・バン（大爆発）である。それが、私たちの宇宙のはじまりだ。

なぜ、その大爆発が起こったかは、私たちの知る限り、最大のなぞである。しかし、それが起こったことだけは、相当にたしかである。

いま宇宙のなかにある物質とエネルギーのすべてが、当時は、きわめて高い密度で一カ所に集まっていた。それは、多くの文明の創造神話に出てくるような、宇宙の卵の一種であった。おそらく、それは、数学でいう、大きさのない一つの点に集中していたことだろう。

それは「物質やエネルギーのすべてが、いまの宇宙の小さな片すみに押し込められていた」というのではない。宇宙全体、つまり物質もエネルギーも、それらが入っている空間も、すべてがきわめて小さな体積のなかに押し詰められていたのである。そのなかで何かが起こる余地はほとんどなかった。

宇宙の巨大な爆発が起こったとき、宇宙は膨張しはじめた。そして、この膨張は、それ以来止まったことがなく、いまも続いている。

この宇宙の膨張を説明するのに、ふくらんでいくアワを外から見ているかのようにいうのは、誤解のもとである。その定義からいって、私たちは、爆発の外側にあったものについては、何も知ることができないのである。

それは、むしろ、なかから考えるほうがよい。動いてゆく空間の構造体にくっついているグラフ用紙の網目が、すべての方向に均等に広がってゆく、と考えるほうがよいだろう。

空間が広がってゆくにつれて、宇宙の物質とエネルギーも、ともに膨張し、急速に冷えてゆく。宇宙の火の玉が出す放射線は、いまも昔も、宇宙を満たしているが、その放射線はスペクトルにそって変わってゆく。ガンマ線からエックス線へ、それから紫外線へと進み、可視光線のスペクトルのニジの七色を通って、さらに赤外線へ、電波へと進んでゆく。

この火の玉の残りかすともいうべき宇宙の背景放射（訳注＝数多くの星や銀河のはるか向こうからやって来る電波なので「背景放射」と呼ばれる）は、空のあらゆる部分から出ており、今日、電波望遠鏡で検出することができる。

宇宙の初期のころには、宇宙空間は明るく照らされていた。しかし、時間がたつにつれて、空間の構造体はどんどん膨張し続け、放射線は冷やされ、ふつうの可視光線で見る限り、宇宙は暗くなった。そして、今日も暗い。

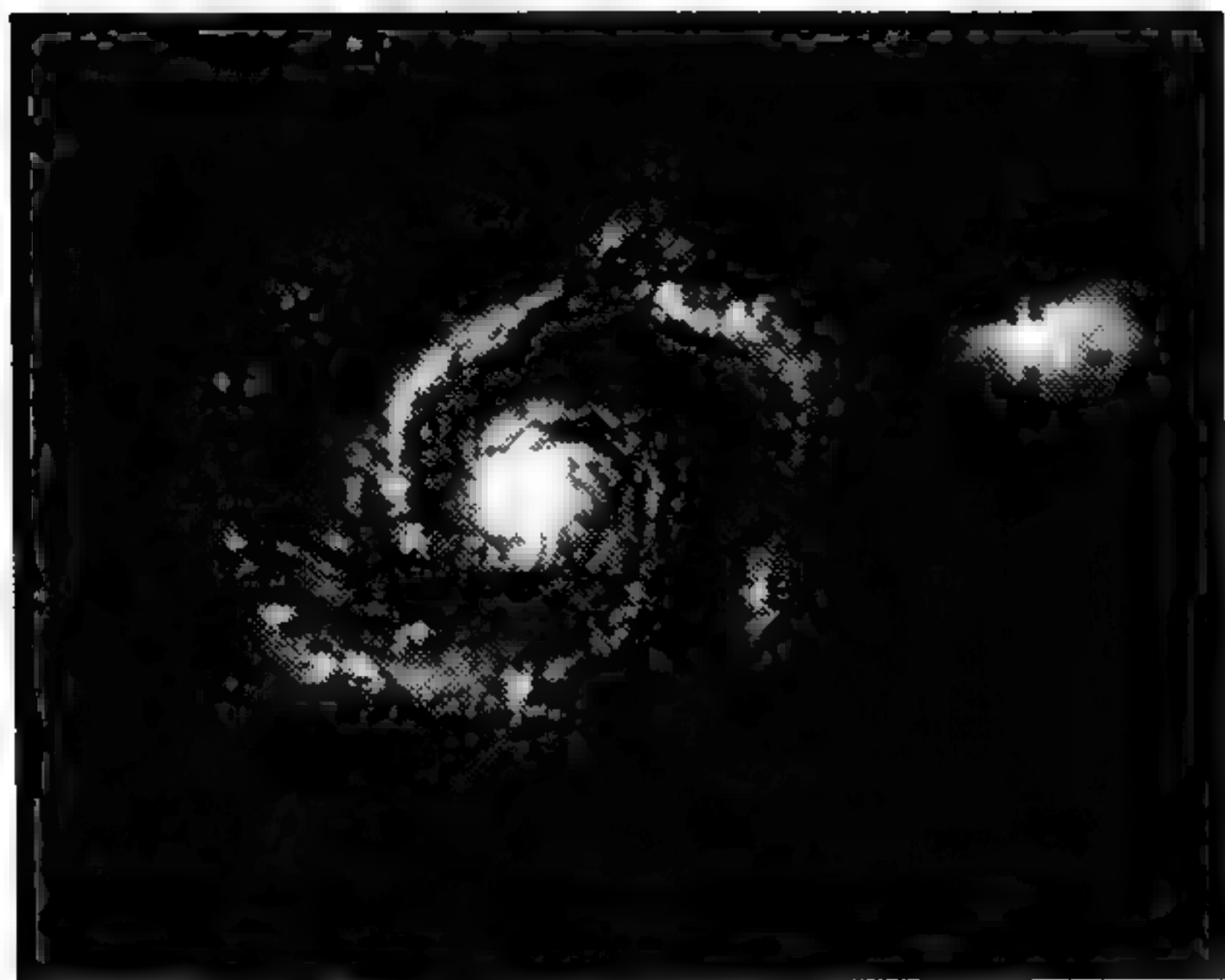
しかし、初期の宇宙には、放射線と物質とが充満していた。その物質は、最初の濃い火の玉の

陽子や電子で作られた水素とヘリウムとであった。

もし、そこに観察する人がいたとしても、そこには、見るべきものは、ほとんどなにもなかっただろう。しかし、まもなく小さなガスだまりができ始めた。小さな不均質な部分ができ始めたのである。そして、巻きひげのような、薄いガスの巨大な雲が、いくつもできた。それは、大きくて、ぶかっこうで、ゆっくりと回転するものだった。それは、ゆっくりと着実に明るくなっていき、やがて、そのなかに何千億もの光る点が現れた。

このようにして、宇宙のなかのもっとも大きな構造体である銀河が作られた。今日、私たちは、それらを見ることができる。私たち自身、そのような構造体の一つである銀河系の、名も知らぬ片すみに住んでいる。

宇宙のなかの物質の散らばり方に、このようなむらができ始めたのは、ビッグ・バンが起こってから一〇億年ほどたってからだった。これは、おそらく、大爆発そのものが、完全に均質ではなかったからだろう。あちこちに物質の濃いところができ、そこへ、さらに濃く物質が詰め込まれていった。そして、その濃い部分は引力を持ち、まわりの気体を大量に自分のほうへ引きつけていった。そのようにして、水素とヘリウムの雲がしだいに大きくなっていった。それらは、やがて銀河の群れへと発展する。はじめのきわめてわずかな不均質性が、物質をこのように濃縮させることになった。

引力による収縮が進むにつれて、原始的な銀河は、ますます速く回転するようになった。それは、角運動量（回転する物体の運動量）の保存の法則によるものだが、このような高速の回転の

ため、銀河は回転軸にそって押しつぶされ、平らになった。これらは、うずまき型銀河となった。それらは、宇宙空間に浮かぶ、物質の風車であった。引力の弱い銀河や、はじめの回転がゆっくりしていた銀河は、あまり平たくならず、長円型の銀河となった。

宇宙のあちこちに、同じ鋳型で打ち出したような銀河がいくつもある。それは、引力と、角運動量の保存という、自然の単純な法則が、宇宙のあらゆるところで同じように成り立っているからである。

うずまき型銀河の実例。M51

地球というこの小宇宙のなかで落ちる物体と、アイス・スケートのつま先旋回とにあてはまる物理の法則が、大宇宙の巨大な空間のなかで銀河を作ったのである。

**数多くの銀河の群れ**

できかかっていた銀河のなかには、小さな雲がいくつもあり、それらの雲でも、引力による収縮が起こっていた。その内部はきわめて高い温度となり、核融合反応がはじまって、それらは恒星となった。

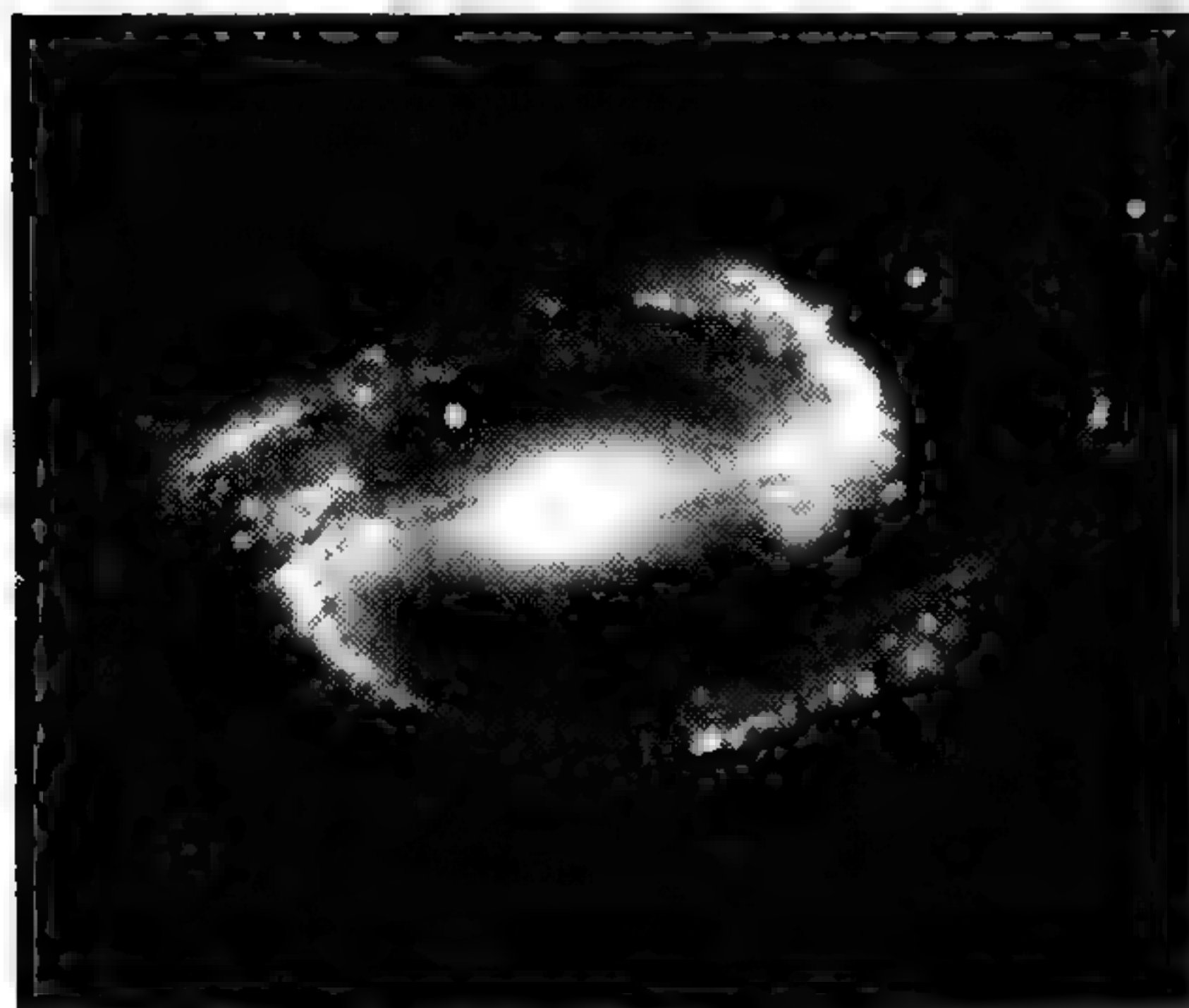
熱い巨大な若い星は、急速に進化した。まるで、放蕩息子のように、水素燃料の元金をめちゃくちゃに浪費し、すぐに一生を終え、超新星となって輝かしく爆発した。

そして、核融合反応の灰であるヘリウムや炭素や酸素や重い元素を、星間ガスのなかに放出した。それらは、つぎの世代の星の形成に役立つのである。

初期の巨大な星が、超新星となって、つぎつぎに爆発すると、近くのガスのなかに衝撃波がいくつもできて重なり合い、星間物質を圧縮し、銀河の群れの世代の交代を早めることになった。引力というのは、ご都合主義的で、物質のわずかな凝縮さえも増幅した。それから、超新星の衝撃波も、物質の集積を促進したことだろう。このようにして、宇宙の進化の叙事詩がはじまった。

ビッグ・バンのガスから物質が濃縮され、銀河の群れができ、銀河ができ、恒星ができ、惑星ができ、ついに生命が誕生した。そして、その生命の起源にいたる優雅な過程をわずかながら理解できる知的生物が出現した。

銀河の群れは、今日も宇宙を満たしている。なかには、数十個の銀河のつまらぬ集団もある。私たちが愛情をこめて「局部銀河群」と名づけているもののなかには、大きな銀河は、銀河系とM31としかない。それは、どちらも、うずまき型銀河である。何千個という銀河がたがいに引力を及ぼし合っている巨大な群れもある。おとめ座銀河団は、数万個の銀河を含んでいるようだ。それを裏づけるようなデータがいくつかある。

最大級の尺度でものを言えば、私たちは、銀河の群れが散在する宇宙のなかに住んでいる。おそらく、宇宙には一〇〇〇億以上の美しい構造体やその廃墟があり、秩序もあれば混乱もあるだろう。ふつうのうずまき型銀河は、私たち地球人に対して、いろいろな角度で、自らの姿を見せ

ている（正面を向けている場合は、うずまきの腕が見える。へりをこちらに向けているときには、うずまきの腕を作っている気体やチリの中央の線が見える）。また、気体やチリの川を持つ棒うずまき型銀河もある。そのような銀河の中央にはいくつもの恒星があり、うずまき型の向かい合った腕を結びつけている。一兆個以上の星を持つ堂々たる巨大な長円型銀河もある。それらは、ほかの銀河を飲み込んで合併し、そんなに大きくなったのだろう。

小さな長円型銀河の群れもある。これらは銀河の小人たちで、そのなかには、つまらぬ太陽が数百万個あるだけだ。

棒うずまき型銀河。NGC 1300

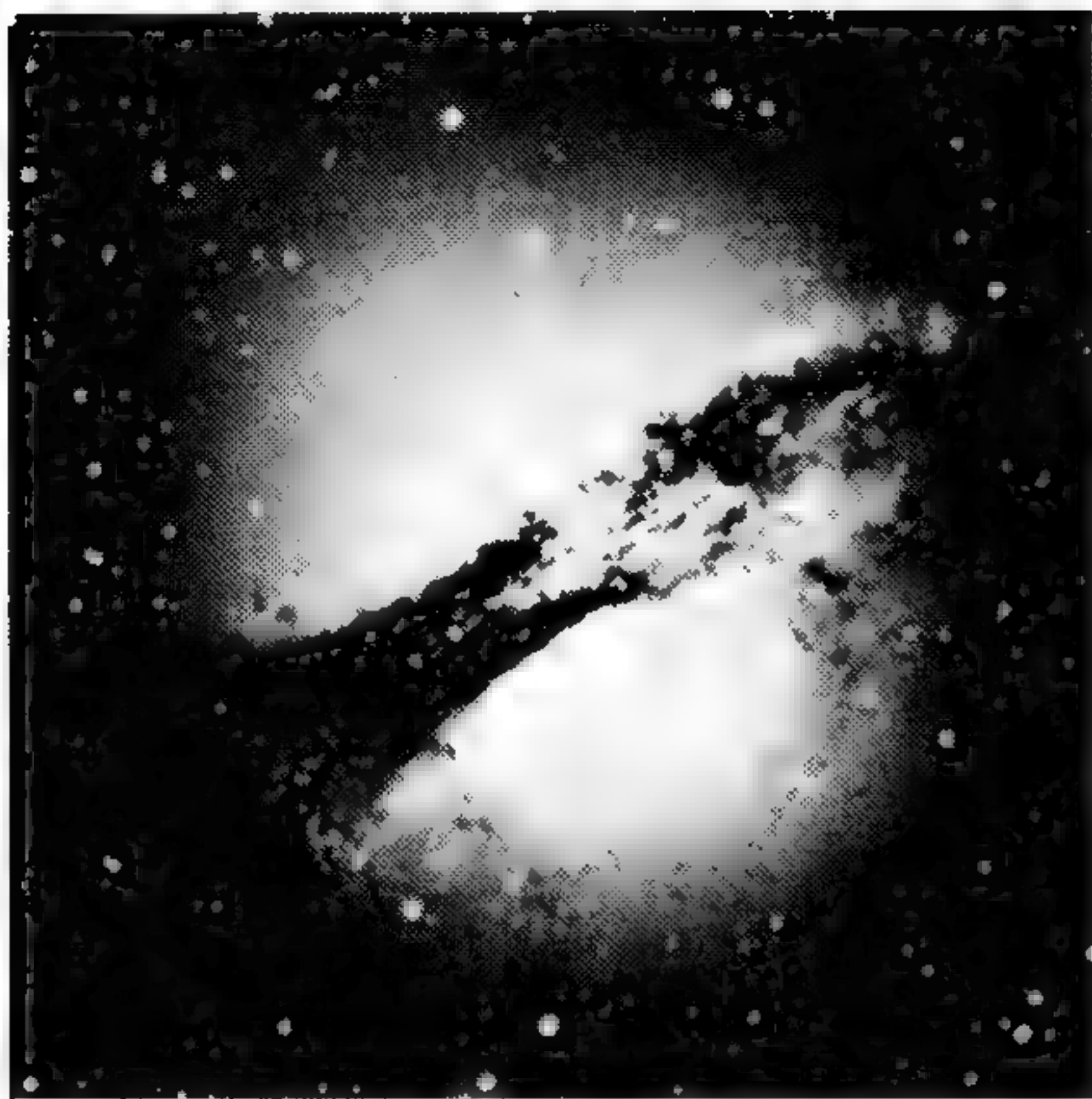
なぞめいた、さまざまな種類の不規則な銀河もある。それらは、銀河の世界にも、なぜかうまくいかなかった場合があることを示している。

また、いくつかの銀河は、たがいにあまりにもくっつきすぎて、一方の銀河の引力によって、片方の銀河のへりが曲がっている。あるいは、気体と星とが仲間の銀河の引力に引っ張り込まれ、銀河と銀河のあいだに橋がかかっているのもある。

ある銀河の群れでは、それぞれの銀河が、ぼんやりした球形に配置されていることがある。それらは、おもに長円型銀河で構成されていて、しばしば、一つの

巨大な長円型銀河の支配を受けている。これは、おそらく、銀河の共食い現象だろう。
もっと乱雑な配置になっている銀河の群れの場合は、うずまき型銀河や不規則型銀河が比較的多い。銀河同士が衝突すると、もともと球形だった銀河の群れの形がゆがみ、また、長円型銀河がうずまき型や不規則型に変わるきっかけになるのかもしれない。
銀河がたくさん存在し、さまざまな形をしているということは、考えうるもっとも大きな尺度での太古の出来事がどうであったかを、私たちに語りかけている。私たちは、その物語を、いまちょうど読みはじめたところである。

**衝突し自殺する銀河**

高速のコンピューターが開発されたので、数千あるいは数万個の点の集団的な運動について、数理的な実験をすることができるようになってきた。この場合、それぞれの点は星を表し、それぞれが、ほかのすべての星の引力の影響を受けているとする。
いくつかのケースでは、すでに平らな円盤状になった銀河が、自らの力で、うずまきの腕となる。また、ときには、それぞれ数十億個の星でできた二つの銀河が出会って引力を及ぼし合い、その結果、うずまきの腕となる。
また、このような銀河のなかに薄く広がった気体とチリとが、たがいに衝突して、温度が上がることもある。しかし、二つの銀河が衝突したときには、それぞれの銀河の星たちは、らくらくと、おたがいのあいだをすり抜けていく。それは、ちょうどハチの群れのなかを弾丸が通り抜け

るのと同じことである。銀河のなかの大部分は、なにもない空間で、星と星との間は、非常に広いのだ。だが、その場合、銀河の形は、ひどくゆがめられる。ただし、一つの銀河が別の銀河に正面から衝突した場合、その銀河の星たちがはじき出され、銀河間宇宙のなかをよろめきながら飛んでゆくこともある。この場合、一つの銀河が消えてなくなる。

小さな銀河が大きな銀河に正面衝突すると、小さいほうは吸収され、めったにない、きわめて美しい不規則型銀河となる。それは、直径が数千光年の環状銀河で、黒いビロードのような銀河間宇宙を背景にして美しく輝いている。これは、銀河の池の水がはねたようなもので、崩壊した星たちの一時的な姿であり、中心核がちぎれてしまった銀河である。

衝突する二つの銀河。ケンタウルス座Ａ

構造のはっきりしないシミのような不規則型銀河や、うずまき型銀河の腕、環状銀河の輪などは、宇宙の映画の数コマを占めるだけである。それらは、やがて散らばってしまい、のちに再び別の銀河となる。

銀河は、どっしりしたがんじょうな物体だと私たちは考えがちだが、そのような考えは、まちがっている。それらは、数千億個の星で作ら

れた流動的な構造体である。

銀河は人間に似ている。人間のからだは、一〇〇兆個もの細胞が集まってできている。そのなかでは、たえず合成と分解とが行われている。それは、それぞれの部分を寄せ集めただけのものではない。銀河も、まさに、それと同じである。

銀河の自殺率は高い。地球から数千万光年とか数億光年とか離れたところに、エックス線や赤外線や電波を激しく放出しているものがある。それらが、自殺する銀河の実例だ。

それらは、きわめて明るい核を持ち、数週間の周期で明るさが変わる。長さ一〇〇〇光年ほどの火柱のように放射線を噴出しているものもあり、チリの塊である円盤が乱雑に散らばっているものもある。これらの銀河は爆発しつつあるのだ。

NGC6251やM87のような、巨大な長円型銀河の中心核は、太陽の数百万倍から数十億倍もあるようなブラック・ホールではないかと考えられている。M87の内部には、質量のきわめて大きい、きわめて高密度の、きわめて小さなものがある。それは、太陽系よりも小さく、カチカチと音をたてたり、ゴロゴロとノドを鳴らしたりしている。それは、ブラック・ホールだろうと考えられている。

数十億光年のかなたには、クェーサー（準星）という、もっと騒々しい天体もある。それは、若い銀河の巨大な爆発なのかもしれない。おそらく、ビッグ・バン以来の宇宙の歴史のなかで、もっとも激烈な出来事であろう。

## 奇妙な天体クェーサー

「クェーサー（quasar）」というのは「恒星に似た電波源（quasi-stellar radio source）」という英語を縮めて作った略語である。

のちになって、クェーサーのすべてが電波を出しているわけではないことが明らかとなった。それらは「恒星に似た天体（quasi-stellar object）」と呼ばれ「QSO」と略されている。それらは、見たところ恒星に似ているため、当然のことながら、最初は私たちの銀河系のなかにあると思われた。

しかし、それらのスペクトルをとって調べてみると赤方偏移が見られ、ものすごく遠いところにあるのだろうと思われた（赤方偏移のことは、のちに述べる）。それらは、宇宙の膨張と密接に関係し、なかには、光の速度の九〇パーセントにも及ぶ超高速で私たちから遠ざかっているものもある。それらは、きわめて遠いところにありながら、なおかつ見えるのだから、もともと、きわめて明るいものに違いない。なかには、一〇〇〇個の超新星がいちどきに爆発したのと同じくらい明るいものもある。

はくちょう座エックス1の場合と同じように、それらは、短い周期で明るくなったり暗くなったりする。したがって、それらのものすごい明るさは、きわめて小さい体積のなかに閉じ込められていると思われる。この場合は、おそらく、太陽系よりも小さいだろう。

クェーサーから巨大なエネルギーがあふれ出ているのは、そこで、なにかはなばなしいことが

起こっているからに違いない。これについて提出されている仮説には、つぎのようなものがある。

1 クェーサーは、パルサーのおばけのようなもので、中心部に、高速で回転している核がある。その核は巨大な質量を持ち、そのまわりには強い磁場がある。

2 クェーサーは、銀河の中心に高い密度で詰め込まれている数百万個の恒星がたがいに衝突し、外側の層が吹き飛ばされて、内部にある数十億度の巨大な星たちが露出して見えるようになったものである。

3 クェーサーは、恒星が高い密度で詰まった銀河であって、そのなかの恒星の一つが超新星の爆発を起こすと、そのまわりの恒星の外側の層が吹き飛ばされて、その恒星も超新星となる。このようにして、超新星の連鎖反応が起こったのがクェーサーである。

4 クェーサーとは、物質と反物質とが衝突して、両方とも激しく消滅する現象である。反物質はクェーサーのなかに今日までなんとか残っていたのである。

5 クェーサーとは、銀河の中心にあるブラック・ホールのなかに、気体やチリや恒星が落ち込んでゆくときに放出されるエネルギーである。その中心核のブラック・ホールは、長い歳月のあいだに、小さなブラック・ホールが衝突し融合してできたものだろう。

6 クェーサーは、ブラック・ホールの反対側にある「ホワイト・ホール」である。宇宙の別な部分か、あるいは別な宇宙にある多数のブラック・ホールに飛び込んだ物質が、ホワイト・ホールから飛び出してきて見えるようになったのである。

クェーサーのことを考えると、私たちは、深いなぞに直面する。だが、クェーサーが、どのような爆発だったとしても、一つだけ明らかと思われることがある。それは、このような激烈な出来事は、聞いたこともないような大破壊を伴うということである。

クェーサーの爆発があるたびに、何百万という世界が完全に破壊されることだろう。そのような世界のなかには、生物の住んでいるものもあるだろうし、何が起こりつつあるかを理解している知的な生物のいる世界もあるだろう。

銀河の研究は、宇宙の秩序と美とを明らかにした。しかし、また、それは、これまでに想像もされなかったような、激烈な大混乱をも私たちに見せてくれた。

私たちは、生命の存在できる宇宙のなかに住んでいるが、これは、まことにすばらしいことだ。私たちは、また、銀河や恒星や世界を破壊してしまうような世界に住んでいるわけだが、それも、すばらしいことである。

宇宙は、友好的でもなければ、敵意を持っているわけでもない。私たちのような、つまらぬ生物のことなど、気に止めていないだけである。

## 出たり入ったりの太陽系

銀河系のような、お行儀がよいと思われている銀河でさえ、波立ったり、踊り回ったりする。

電波望遠鏡で観測すると、銀河系の核から二つの巨大な水素ガスの雲が噴き出しているのがわ

かる。それは、数百万個の太陽ができるほどの水素ガスを含んでいる。このような雲は、ときどき、おだやかな爆発が核のところで起こっているのではないか、と思わせる。

地球のまわりの軌道を飛んでいる高エネルギー天文学衛星は、銀河系の核のところから強いガンマ線が出ていることを発見した。これは、そこに巨大なブラック・ホールが隠れている、という考えと一致するものである。

私たちの銀河系は、落ちついた中年期に相当するのかもしれない。銀河の進化の過程のなかには、クェーサーや爆発する銀河のような、激しい青年期もあるのだろう。クェーサーは、非常に遠いところにあるので、私たちは、数十億年も前の、銀河の青年期を見ていることになる。

銀河系のなかの恒星たちは、気品をもって整然と動いている。いくつもの球状星団が、銀河面につっこみ、反対側に出てスピードが落ち、やがて元のほうへ戻ってくる。

もし、私たちが、銀河面のあたりを、ぴょんぴょん動いている個々の星の動きを追うことができるなら、それはポップコーンがフライパンのなかではねるのに似ていることだろう。

私たちは、銀河の形が大きく変わるのを見たことはない。なぜなら、形が変わるのには、長い歳月が必要だからである。

銀河系が、ぐるりと一回まわるのには、二億五〇〇〇万年もかかる。もし、その回転を速めることができるなら、銀河系はダイナミックに動き、まるで生物でもあるかのように見えるだろう。それは、多細胞の生物にいくらか似ている。

天体望遠鏡で写した銀河の写真は、その重々しい動きと進化の一段階をとらえた一枚どりの写

真にすぎない。＊銀河の内側は、一つの固体として回転している。しかし、それより外の部分は、ケプラーの第三法則に従って太陽のまわりをめぐる惑星と同じように、外側になればなるほど、ゆっくりと回っている。

銀河のうずまきの腕は、中心核のまわりに、しだいにきつく巻きつく傾向があり、気体やチリは、うずまきの形になりながら、しだいに密度が高くなってゆく。そして、そこから、若い、熱い、明るい星が生まれてきて、うずまきの腕の輪郭を描き出す。

これらの星は、数千万年ほど明るく輝くが、それは銀河が一回自転するのに要する時間の五パーセントほどの期間にすぎない。

しかし、うずまきの腕を形づくっている恒星が燃えつきてしまったときには、新しい星や星雲がそのあとに誕生しており、うずまきの腕の形は、そのまま残っている。

うずまきの腕の輪郭を描いている星たちは、その銀河が一回自転するあいださえ、生き延びることができない。だが、うずまきの腕は残っている。

ある特定の星が、銀河系の中心部をまわるスピードは、うずまきの形が一周するスピードと同

＊原注＝これは、かならずしも正しくない。一つの銀河のうち、私たちに近い部分は、遠い部分より数万光年も私たちに近い。したがって、私たちが見ている近い部分は、遠い部分より数万年も後の姿である。しかし、銀河が大きく形を変えるのには数千万年もかかる。だから、ある一瞬、銀河の姿が凍りついていると考えても、大きな誤りをおかすことにはならない。

じではない。太陽は、銀河系の中心部のまわりを秒速二〇〇キロメートル（時速約七二万キロメートル）の速さで、すでに二〇周したが、そのあいだに、何回も、うずまきの腕から出たり、はいったりした。

平均すると、太陽とその惑星たちは、うずまきの腕のなかに四〇〇〇万年ほどいて、そのあと八〇〇〇万年ほど腕の外にいて、つぎの四〇〇〇万年は再び腕のなかにいる、といった具合である。

うずまきの腕は、生まれたばかりの、もっとも新しい星たちが群れているところで、太陽のような中年の星たちは、いつも腕のなかにいるわけではない。

現在、私たちは、腕の外側、つまり腕と腕とのあいだにいる。

太陽系は、周期的に、うずまきの腕のなかを通過してきたわけだが、それは、私たちに重大な結果をもたらしたと思われる。

太陽は、一〇〇〇万年ほど前、オリオンという、うずまきの腕のグールド帯（訳注－五、六等星よりも明るいB型星〈スペクトルで分類した星の型〉が集中している。B・A・グールドが発見）から出た。いまは、そこから一〇〇〇光年たらず隔たっている。（オリオンの腕の内側には、いての腕があり、外側にはペルセウスの腕がある）

太陽が、うずまきの腕のなかを通るときには、ガス状の星雲や星間チリの雲のなかに入り、星より小さい物体と出会う可能性が、いまよりも、はるかに高い。

地球は一億年ごとに大氷河時代を迎えたが、これは、太陽と地球とのあいだに星間物質が入り

込んだために起こったのかもしれない。そういう説がだされている。

W・ナピールとS・クルーブとは「太陽系のなかにある数多くの衛星や小惑星、彗星、惑星の輪などは、かつては、オリオンの腕のなかの星間宇宙を自由にさまよっていたのだが、太陽がオリオンの腕のなかに入ったときに、太陽や惑星に捕らえられた」という説を唱えている。これは、おもしろい考えだが、しかし、ありそうにもないことである。しかし、この説が正しいかどうかは調べることができる。そのためにしなければならないことは、たとえば火星の衛星フォボスや彗星の標本を手に入れることである。そして、そのなかのマグネシウムのアイソトープ（陽子の数は同じだが中性子の数が違うマグネシウム）を調べる。マグネシウムのなかに、アイソトープがどれだけまじっているか、ということは、星のなかでそのマグネシウムができたときの、原子核合成反応の進み方や、近くでいつ超新星の爆発があったか、ということによって決まってくる。

銀河系のあちこちの片すみでは、それぞれ違った出来事が起こり、アイソトープの含有率の違うマグネシウムが作られたことだろう。

## ドプラー効果の効用

ビッグ・バンや銀河の後退などは、ドプラー効果と呼ばれる、ありふれた自然現象によって発見された。この現象は、音の物理学でよく知られている。

たとえば、私たちのわきを通りすぎる自動車が警笛を鳴らしたとしよう。自動車のなかにいる運転手には、その音は、いつも同じ大きさで聞こえる。

しかし、車の外で聞いていると、音の高さが変わる。警笛の音は、高い周波数から低い周波数へと変化する。

時速二〇〇キロで走っているレーシング・カーは、音の速度の五分の一のスピードで走っている。音というのは、空気のなかにできた波で、山と谷とがある。山と山との間隔が小さければ、周波数が高くなり、音も高くなる。山と山との間隔が大きければ、音は低くなる。レーシング・カーが私たちから遠ざかりつつあるときには、レーシング・カーは自分の警笛の音を引きずってゆく。したがって、音の波は引き伸ばされ、音は低くなる。これは、だれもが経験していることである。

そのレーシング・カーが私のほうへ向かって走ってくるときには、音の波は押しつぶされる形となり、周波数が高くなる。そのため、私たちは、高い悲しげな音を聞くことになる。

その車が止まっているときの警笛の音の高さを、もし私たちが知っていれば、私たちは目をつぶっていても、その音の高さの変化から、その車のスピードを推測することができるだろう。

光も、また波である。音と違って、それは真空のなかも完全に伝わっていく。この光についてもドプラー効果が働く。

自動車が警笛の代わりに、前と後ろから黄色い光を出しているとすれば、その車が近づいてくるときには、光の周波数は少しばかり高くなり、その車が遠ざかっていくときには、光の周波数は少し低くなる。ただし、車のスピードでは、その変化を感じとることはできない。

しかしながら、もし車が光の速度の何分の一かで走るならば、車が私たちに近づいてくるとき

には、光の周波数が上がり、光の色は青い方へと移るだろう。それを私たちは見ることができる。車が私たちから遠ざかってゆくときには、周波数が下がり、光の色は赤いほうへ移る。
したがって、私たちのほうに、ものすごいスピードで近づいてくるものがあれば、それが出す光のスペクトル線は青い色のほうへ移っている。私たちのところから、ものすごいスピードで遠ざかってゆくものがあれば、それが出す光のスペクトル線は、赤いほうにずれている。*
この赤方偏移は、宇宙のなぞを解く鍵である。私たちは、はるかかなたの銀河が出す光のスペクトル線を観測し、それをドプラー効果として解釈し、その銀河のことを知るのである。
二〇世紀のはじめのころ、ウィルソン山に世界最大の天体望遠鏡が建設された。それは、そのころまだ清らかだったロサンゼルスの空を見下ろす場所にあった。その天体望遠鏡が、やがて赤方偏移を発見することになるのである。
天体望遠鏡の大きな部品が、ラバたちの力で山の頂上に運び上げられた。ミルトン・フマーソンという若いラバ使いが、機械部品や光学的な装置や、科学者、技術者、高官たちを山の上に運び上げた。

＊原注＝その物体そのものは、いろいろな色をしているだろう。青色をしていることもあるだろう。赤方偏移というのは、その物体が静止しているときに比べて、スペクトル線が波長の長いほうにずれて見えるだけのことである。赤方偏移の量は、その物体の速度と、その物体が止まっているときのスペクトル線の波長に比例する。

フマーソンは、馬に乗って、ラバの列を誘導した。馬のクラのうしろには、彼が飼っていた白いテリヤが腰をおろし、前足を彼の背中にかけていた。彼は、かみタバコをかみながら仕事をする人足で、すぐれた賭事師であり、賭け玉突きの名人でもあり、色事師でもあった。

彼は、中学もろくに出てはいなかったが、頭がよく好奇心も強かった。それで、自分が骨を折って山のうえに運び上げるものについては、当然のことながら、根掘り葉掘り質問した。

フマーソンは、天文台の技術者の娘と仲よくなった。その技術者は、ラバ使いよりも偉くなろうという気もないこの若い男と自分の娘が恋仲になったことを、快くは思わなかった。そこで、フマーソンは天文台で働くことに決めた。彼は、電気技術者の助手や門衛、彼が建設を手伝った天体望遠鏡の部屋の床にぞうきんをかける仕事などをした。

ところが、ある夕方、夜勤の観測助手が病気になって、フマーソンに「交代してほしい」と頼んだ。すると、彼はすばらしい腕前をみせ、注意深く機械を取り扱った。それで、彼は、常勤の天体望遠鏡操作員兼観測助手に取り立てられたという。

## 逃げてゆく銀河たち

第一次世界大戦が終わると、ウィルソン山天文台にエドウィン・ハッブルがやってきた。彼はすぐに有名になるのだが、頭がよく、洗練されていて、天文学界以外の人たちともよくつき合った。彼は、イギリスのオックスフォード大学にローズ奨学研究員として一年間留学したが、そのときイギリスのアクセントを身につけてきた。

うずまき型の銀河が、まさに「島宇宙」であり、私たちの銀河系と同じように、ものすごい数の星が集まったものであることを、最終的に証明したのは、ハッブルであった。また、彼は、銀河までの距離を測るのに必要な、恒星の基準の明るさを考え出した。

ハッブルとフマーソンはすばらしいヒットを飛ばした。このふたりは、まことに似つかわしくないペアだったが、天体望遠鏡のところでは、協調して仕事をした。

その後、ローウェル天文台のV・M・スライファーを見習って、ふたりは、遠い銀河のスペクトルを調べ始めた。フマーソンが写す遠い銀河のスペクトル写真は、世界中のどのような職業的天文学者がとるスペクトル写真よりも質がよかった。質のよさは、すぐに知れ渡った。彼はウィルソン山天文台の正規の職員となり、自分の観測の科学的な意味もよくわかるようになった。そして、天文学界のなかで、多くの人に尊敬されながら死んだ。

銀河からくる光は、そのなかにある数十億個の恒星が出す光の総和である。光が恒星を離れるときには、恒星のいちばん外側の層の原子によって、光の一部は吸収される。その結果生じるスペクトル線をみると、何百万光年も離れた星たちも、私たちの太陽や近くの星たちと同じような化学元素を持っていることがわかる。

フマーソンとハッブルとは、すべての銀河のスペクトルが赤方偏移を起こしていることを知って、びっくりした。しかも、遠くにある銀河ほど、大きな赤方偏移を起こしていたので、ふたりは、もっと驚いた。

このような赤方偏移の、もっともはっきりした説明は、ドプラー効果であった。銀河は私たち

から遠ざかりつつあるのだ。そして、遠くにある銀河ほど、より速いスピードで遠ざかりつつある。

だが、なぜ銀河は私たちから逃げていくのだろうか。それは、あたかも私たちの銀河系が、銀河社会のなかで、うっかり失礼なことでもしているかのようだ。私たちのいるところは、宇宙のなかで、何か特別なところなのだろうか。

しかし、宇宙自身が膨張しつつあり、銀河も、その膨張といっしょに動いている、と考えるほうが、はるかにもっともらしい。

フマーソンとハッブルとは、ビッグ・バンを発見したのである。この発見は、しだいに明確になっていった。ビッグ・バンは、かりに宇宙のはじまりではないとしても、少なくとも、もっとも新しい宇宙の再生なのだ。

現代の宇宙学のほとんどすべて、とくに膨張宇宙論とビッグ・バン説とは、はるかな銀河の赤方偏移が、それらが遠ざかりゆくスピードのために生じたものだ、という考えを基礎としている。

しかし、自然界には、別な種類の赤方偏移もある。たとえば、引力による赤方偏移だ。強い引力の場から光が出てくるときには、そこから逃げ出すために、光はひと仕事もふた仕事もしなければならない。そのため、逃げ出すまでにエネルギーを失う。遠く離れた観測者がこれを見ると、逃げ出してくる光は、波長の長いほうへ偏移し、赤っぽい色に見える。

私たちは「銀河のなかには、中心部に巨大なブラック・ホールを持ったものがあるかもしれない」と考えているが、それは、赤方偏移の、納得のいく説明となる。

しかし、観測されるスペクトル線は、しばしば、非常に薄く拡散した気体によって生じたものである。ブラック・ホールのまわりにあるはずの、驚くほど高密度の気体によって生じたものではない。

あるいは、赤方偏移は、宇宙全体の膨張によるドプラー効果で生じたものではなく、もっと小さな、局部的な銀河の爆発で生じたものかもしれない。

しかし、その場合は、私たちから遠ざかるものと同じ数だけの爆発の破片が、私たちのほうに向かって飛んでくるはずである。つまり、赤方偏移だけでなく、青方偏移もあると期待してよいはずだ。

しかし、私たちの局部銀河群の外の、どんな距離の銀河に天体望遠鏡を向けてみても、そこにあるのは、ほとんど赤方偏移だけである。

**おとめ座銀河団へ突進**

しかしながら、このような考えに、小うるさく疑問を呈する天文学者もいる。「銀河の赤方偏移はドプラー効果によるもので、したがって、宇宙は膨張しているのだ」という推理のすべてが正しくない、と彼らはいう。

ハルトン・アープという天文学者は、なぞめいた、おだやかでないことを発見した。それは「銀河とクェーサー、または、二つの銀河が、明らかに物理的に結びついているところでも、非常に違った赤方偏移がみられる」ということであった。

ときには、二つの銀河のあいだや、銀河とクェーサーとのあいだには、気体、チリ、恒星などの橋がかかっているように思われることもある。
もし赤方偏移が宇宙の膨張によるものならば、非常に違った赤方偏移を示す天体は、たがいに距離が非常に違っていることを意味している。いくつかの例では一〇億光年も離れていることになってしまうが、しかし、物理的に結びついている二つの銀河が、おたがいに遠く離れている、などということは、ほとんどあり得ない。
このことに疑問を抱く人たちは、二つの銀河の結びつきは、単に見かけのうえでのことだろうという。たとえば、比較的近い銀河とはるかかなたのクェーサーとがあるとしよう。その二つは、赤方偏移も違うし、地球から遠ざかるスピードも違う。しかし、見たところは、たまたま一直線に並んで見える。それらは、実際には物理的な結合はしていないのである。このような、見かけ上の接近は、いつでも統計的、確率的に起こるはずである。
そこで、議論は「では、そのような偶然の一致は、確率論的に予期されるとおりの割で起こっているか」ということに焦点を結ぶことになる。
だが、アープは別な例をあげている。彼によると、二つのクェーサーが、一つの銀河を両側からはさんでいる例があるという。その銀河は小さな赤方偏移しか示さないが、両側の二つのクェーサーは、どちらも同じような、大きな赤方偏移を示している。
アープは「この二つのクェーサーは遠く離れているのではなく、まんなかの銀河から左と右とに放出されたものであり、赤方偏移は、測り知れないからくりによって起こっているのだろう」

と信じている。
だが、疑問を抱く人たちは、それらは位置の偶然の一致であると主張し、ハッブルとフマーソンとの、赤方偏移の伝統的な解釈を支持している。
もしアープが正しければ、はるかかなたのクェーサーのエネルギーを説明するために提案された、超新星の連鎖反応とか、ものすごく大きいブラック・ホールなどといった、奇妙なからくりは不必要になる。
アープがいう通りなら、クェーサーは、きわめて遠いところにあるわけではない。だが、その赤方偏移を説明するには、なにか聞きなれないからくりを考え出さなければならない。
いずれにしても、宇宙の奥深いところでは、なにか非常に奇妙なことが起こりつつある。
赤方偏移をドプラー効果で説明すると、銀河は遠ざかっていることになる。だが、ビッグ・バン説の根拠は、それだけではない。
もう一つ、独立したきわめて説得力のある証拠がある。それは、宇宙の黒体背景放射である。静かな弱い電波が、宇宙のあらゆる方向からきわめて一様にやってくるのである。そして、その電波の強さは、ビッグ・バンの放射線が相当に冷えきったときに出すと予想されるものと一致する。私たちの時代には、この程度だろうと予想される強さと一致しているのだ。
しかし、ここにもなぞめいたことがある。アメリカのU2型偵察機が高感度のアンテナを積んで大気圏の最上層に近いところで観測したところ、大まかな計算では、すべての方向の背景放射が同じ強さのように思われた。それは、あたかもビッグ・バンの火の玉が、まったく一様に膨張

したかのようであった。宇宙の起源となったビッグ・バンは、きわめて正確な対称形だったかのようであった。だが、もっと精密に調べてみると、背景放射は、完全な対称形ではないことがわかった。そこには、小さな整然としたひずみがあったが、それは、もし銀河系全体が（そして、おそらく局部銀河群のほかの銀河も）おとめ座銀河団のほうへ秒速六〇〇キロ以上のスピードで進んでいると考えれば理解できるひずみであった。

このスピードだと、私たちは一〇〇億年ほどで、おとめ座銀河団に到着するだろう。そうなれば、まわりにたくさん銀河があるから、銀河天文学はずっと楽になる。

おとめ座銀河団には、私たちの知る限り、すでにもっとも多くの銀河が含まれている。そこには、うずまき型や長円型や不規則型の銀河がいっぱい詰まっている。それは、天の宝石箱である。だが、私たちは、なぜ、そこへ向かって突進しなければならないのだろうか。

これらの高空での観測を行ったジョージ・スムートと共同研究者たちは「銀河系は、おとめ座銀河団の引力に引っぱられて、そこへ向かっており、おとめ座銀河団には、これまでに発見されている銀河より、もっと多くの銀河があるだろう」といっている。また、彼らは「おとめ座銀河団はものすごく大きく、さしわたしが一〇億光年か二〇億光年の宇宙空間を占めている」と述べている。これは、まことに驚くべきことである。

### 宇宙は神様の夢か

私たちが見ることのできる宇宙は、直径がたかだか数百億光年ぐらいにすぎないが、もし、お

とめ座銀河団のような、銀河の巨大な集団があるのなら、おそらく、ほかにも同じような巨大な銀河団があるだろう。しかし、それらは、もっと遠いところにあるだろうから、見つけ出すのも、それだけむずかしいことだろう。

おとめ座銀河団のなかにあると思われる大量の物質がそこに集まるためには、宇宙のはじめに引力のむらがなければならない。しかし、宇宙の生涯のなかには、そのような引力のむらが生じる時間はなかったように思われる。

そのため、スムートは、彼自身のほかの観測データが示しているよりも、ビッグ・バンは、はるかに不均質だった、という結論を出したい気持ちになっている。宇宙のはじめのころの物質の分布には、むらがあった、というのである。（いくらかのむらは予想されていたし、また、銀河の凝縮を理解するには、むらが必要だが、しかし、スムートのいうような大規模なむらがあったとすれば、それは、大きな驚きである）

この矛盾は、おそらく、二つ以上のビッグ・バンが、ほとんど同時に起こったと想像すれば解決することができるだろう。

ところで、もし、膨張宇宙とビッグ・バンの一般的な考えが正しいとすれば、私たちは、もっとむずかしい問題に直面しなければならない。

ビッグ・バンのときの状態は、どうだったのか。それより前には何が起こったのか。そこには、物質のまったくない小さな宇宙があったのだろうか。物質は、突然、無から作られたのだろうか。それは、どのようにして起こったのだろうか。

多くの社会の人たちが、この問題に対して、ふつう「神が無から宇宙を創造した」と答えてきた。しかし、それは、一時しのぎの答えにすぎない。もし、私たちがこの問題を勇敢に追究しようとするなら、私たちは、もちろん、つぎに「その神はどこからきたのか」と尋ねなければならない。そして、もし、「その問題には答えることができない」と私たちがいうのであれば、なぜ神の創造などといわず「宇宙の起源は、答えることのできない問題だ」といわないのだろうか。あるいは、もし「神はつねに存在していた」というのなら、なぜ神などを持ち出さずに「宇宙はつねに存在していた」といわないのか。

すべての社会の人たちが、世界の創造と、それ以前の世界とに関する神話を持っている。それは、しばしば神様たちの結婚や、宇宙の卵の孵化によって説明されている。

一般に、宇宙は人間や動物の先例に従うものだ、と素朴に想像された。つぎに、そのような神話の抜き書きを五つあげる。それぞれ、話の精密さに差があるが、いずれも太平洋地域の神話である。

「世界のはじめには、すべてのものが永遠の闇のなかで休んでいた。夜は、見通しのきかない雑木林のように、すべてのものを抑えていた」

——オーストラリア中央部に住むアランダ族の、偉大な父の神話

「すべてのものが宙に浮いていて、すべてのものが静かで、すべてのものが沈黙し、すべてのも

のが動かず、静止していた。広い空には何もなかった」
——マヤ・キーチェイ族の聖典『ポポル・ブー』

「虚空のなかに浮く雲のように、ナ・アリアンは、宇宙のなかにひとり孤独にすわっていた。彼は眠らなかった。なぜなら、そこには睡眠はなかったからである。彼は飢えることがなかった。なぜなら、そこには飢えがなかったからである。それで、彼は、非常に長いあいだ、そこにいた。すると、彼の心に一つの考えがわいてきた。彼は、ひとりごとをいった。『おれは、ものを作ろう』と」
——ギルバート諸島マイアナ島の神話

「はじめに、大きな宇宙の卵があった。卵のなかは混乱しており、その混乱のなかに盤古が浮いていた。それは、小さな神の胎児であった。そして、盤古は卵から飛び出した。彼は、今日の人間の四倍の大きさがあり、手には、かなづちとノミを持っていた。彼は、それを使って世界の形を作った」
——中国の盤古神話（三世紀ごろ）

「天と地とが形づくられる前は、すべてのものがあいまいで、形がなかった。……澄みきって軽いものが上へのぼって天となり、重くて濁ったものが固まって地となった。純粋でこまかなものは、きわめてたやすく一体となったが、重くて濁ったものが固まるのは、非常にむずかしかった。したがって、天のほうがはじめに完成し、そののち地が形づくられた。天と地とが虚空のなかで

結合したとき、すべてのものが単一になり、創造されないのに、いろいろなものができた。これが偉大な『一』であった。すべてのものは、この『一』から出てきた。しかし、すべてが違っていた……」

——中国の『淮南子』(西暦紀元前一世紀ごろ)

このような神話は、人間の大胆な想像力によるものである。ビッグ・バン説のような現代の科学的神話と昔の神話とのおもな違いは「科学は自ら問うものであり、自分が考えたことを検証するために、科学者たちは実験や観測を行うことができる」という点である。

しかし、昔の創造の物語も、深い尊敬に値するものである。

人間のどのような社会も「自然には循環がある」という事実を知っていた。しかし、もし神がそのような循環を欲しなければ、どうして、そのような循環が起こりうるのだろうか。起こりうるはずはない、と考えられていた。

また、人間の世のなかに循環があるならば、神々の世界にも循環があるだろう、と考えられていた。

宇宙は、生と死との巨大な、まさに無限のくり返しである。と考えた人たちもあった。そのような考えを信じた、世界でただ一つの偉大な宗教はヒンズー教であった。疑いもなく偶然によるものではあるけれども、ヒンズー教の時間の尺度は、現代の科学的な宇宙と一致している。このような一致がみられる宗教は、ヒンズー教だけである。

その循環は、ふつうの昼と夜とはもちろんのこと、ブラフマ神の昼と夜にまで及んでいる。そ

して、ブラフマ神の一昼夜は八六億四〇〇〇万年もの長さがある。それは、地球や太陽の年齢よりも長く、ビッグ・バンからの年数の半分ほどの長さである。ヒンズー教には、ほかにも、もっと長い時間がある。

ヒンズー教には「宇宙は、神様の夢にすぎない」という、奥深い魅力的な考えがある。その神様は、一〇〇ブラフマ年ののちに、夢をみない眠りへと溶け込んでゆくという。

宇宙も、この神様といっしょに溶けてなくなる。しかし、さらに一〇〇ブラフマ年たったとき、神様は目をさまし、自らのからだを再生して、ふたたび偉大な宇宙の夢を見はじめる。

また、宇宙はあちこちに無限にあり、それらも、それぞれの神の夢だという。

このような偉大な考えは、おそらく、もっと偉大な考えから生まれてきたのだろう。そして、人間は神の夢ではなく、神こそ人間の夢であるといわれている。

**膨張宇宙か振動宇宙か**

インドには数多くの神がいて、それぞれの神が、数多くの形をとって立ち現れる。チョーラ王朝の青銅像は、一一世紀に作られたものだが、シバ神がいくつかの違った形で表現されている。これらのうち、もっとも優雅で崇高なのは、それぞれの宇宙の循環のはじめにあたる「宇宙の創造」の像である。それは「シバ神の宇宙の踊り」として知られている。

その姿のとき、シバ神は、踊りの王ナタラジャと呼ばれ、四本の手を持っている。右上の手には太鼓を持っているが、その太鼓の音は「創造の音」である。左上の手には炎を持っている。そ

れは「いま新しく創造された宇宙も、数十億年ののちには完全に破壊される」ということを人びとに思い出させるためのものである。このような意味深い美しい像は、現代の天文学の考えを予告するものであった。私は、そう考えたい。*

ビッグ・バン以来、宇宙が膨張しつつあることは、どうやら本当らしいが、しかし、永久に膨張し続けるかどうかは、決して明らかではない。

膨張は、しだいにゆっくりしたものとなり、やがて止まり、逆向きになるかもしれない。もし、宇宙のなかの物質が、ある臨界量よりも少なければ、遠ざかってゆく銀河の引力は、膨張を止めるだけの力がなく、宇宙は永久に暴走し続けるだろう。

しかし、もし、ブラック・ホールのなかに物質が隠されていたり、あるいは、銀河と銀河のあいだの、熱いけれども目には見えないガスのなかに物質が隠されていたりして、私たちが見る以上に物質が存在するならば、宇宙は引力によって引き止められるだろう。それは、まさにインドの宗教の循環のくり返しである。膨張のあとには収縮がきて、宇宙ののちに別の宇宙があり、宇宙には終わりがない。

もし、私たちが、このような「振動する宇宙」に住んでいるのなら、ビッグ・バンは宇宙の創造ではなく、前の宇宙の終わりにすぎない。それは、宇宙の終末的な破壊である。

このような現代宇宙学の推論は、どちらも私たちの好みには合わないかもしれない。

一方の推論によると、宇宙は一〇〇億年か二〇〇億年前に、どうにか創造され、永遠に膨張し続けるという。この場合、銀河はおたがいに遠ざかっていき、ついに、最後の一つも、私たちの

宇宙の地平線から姿を消す。そうなれば、銀河専門の天文学者たちは失業してしまう。星は冷たくなって死に、物質それ自体も崩壊し、宇宙は、素粒子の冷たいもやとなる。

もう一つの振動宇宙論によると、宇宙にははじめも終わりもないという。この場合、私たちは、宇宙の死と再生との限りない循環のまっただなかにいて、振動の極限がいつくるかについては、何の情報も持ち合わせていない。

前の宇宙の体系のなかで進化した文明社会、生物、惑星、恒星、銀河などは、すべて振動の極限へと流れ込み、ビッグ・バンで吹き飛ばされた。私たちの現在の宇宙では、それらのことは、何もわからない。

どちらの宇宙論にしても、宇宙の運命は、いささかゆううつである。しかし、そこに至るまでの時間の長さを考えれば、心が安まる。これらの出来事が起こるのには、数百億年かそれ以上の

*原注＝マヤ族の碑文のなかに刻まれた日付のなかには、遠い昔のものや、はるかな未来のものがある。一つの碑文には一〇〇万年以上も前のことが書いてあり、もう一つの碑文には四億年前の出来事が書いてある。ただしマヤ学の専門家のあいだでは、これについて二、三の異論がある。これらの出来事は、神秘的なものとして記録されたのだろうが、その時間の長さは、ものすごいものである。

キリスト教の聖書では、世界の年齢は数千年とされていたが、ヨーロッパの人たちがこの考えを捨て去るより一〇〇〇年も前に、マヤ族たちは何百万年もの歳月を考え、インド人たちは何十億年もの歳月を考えていた。

歳月がかかる。

人間の遠い子孫はどのような生物になるかわからないが、人間とその遠い子孫たちは、宇宙が死に絶えるまでに多くのことをなしとげることができるだろう。

もし、宇宙がほんとうに振動しているとしたら、もっと奇妙な問題が起こってくる。膨張のあとに収縮がやってきたら、遠くの銀河のスペクトルはすべて青方偏移を起こし、因果関係は逆転して、原因のまえに結果が起こるだろう。二、三の科学者たちは、そう考えている。

まず水面にさざ波がひろがり、そのあと私が池のなかに石を投げ込む。まずかがり火が炎をあげ、それから私が火をつける。

このような因果関係の逆転は何を意味しているのか。それがわかったようなふりをすることは、私たちにはできない。そんな時代になったら、人々は墓のなかから生まれ、子宮のなかで死ぬのだろうか。時間はうしろ向きに流れるのだろうか。こんな質問に、何か意味があるのだろうか。

宇宙が振動の極限にきたとき、つまり収縮から膨張へと移るときには、何が起こるのだろうか、と科学者たちは不思議に思っている。二、三の科学者たちは「そのときには、自然の法則は、めちゃくちゃに変更されるだろう」と考えている。「現在の宇宙を秩序だてている物理学や化学は、無限の可能性をもつ自然の法則のほんの一部にすぎないのだ」と彼らはいう。

自然の法則のごく一部分だけが、銀河、恒星、惑星、生命、知的な生物などにあてはまる、というのは理解しやすいことである。しかし、振動の極限のところで自然の法則が、予想できないようなやり方で再分類されるのであれば、宇宙のスロット・マシンが、矛盾のない宇宙を私たち

にいま与えてくれたのは、きわめて珍しい偶然の一致といわなければならないだろう。*

私たちは、永久に膨張する宇宙に住んでいるのだろうか。それとも、無限に循環する宇宙に住んでいるのだろうか。それを知る方法はある。一つは、宇宙のなかの物質の総量を正確に調べることであり、もう一つは、宇宙の端を見ることである。

### 微弱な電波を捕らえる

電波望遠鏡は、きわめてかすかな、非常に遠い天体を見つけ出すことができる。私たちが深い

*原注＝振動の極限においても、自然の法則が「めちゃくちゃに」作り変えられることはない。もし宇宙がすでに何回もの振動を経験しているのであれば、数多く作られた引力の法則のなかには、引力が非常に弱いものもあるだろう。この場合、宇宙は膨張したのち収縮することができないだろう。このような弱い引力の法則のために宇宙がいったんつまずくと、宇宙はバラバラに飛び離れ、もう一度振動して極限に達することも、別のひと組みの自然の法則を作り出すこともできないだろう。したがって、宇宙は限られた期間しか存在しないか、または、それぞれの振動のさいの自然の法則にきびしい制限があるか、である、と私たちは推論することができる。もし振動の極限でも物理学の法則がめちゃくちゃには変更されないとしたら、そこには規則性があり、どの法則は許され、どの法則は許されないかを決めるためのひと組みの規則があるだろう。そのような規則のなかには、いまの物理学の上をゆく新しい物理学も含まれていることだろう。それは「超物理学」と呼べばよいだろう。

宇宙を見ているとき、私たちは、はるかな過去を振り返っている。

もっとも近いクェーサーでも、おそらく五億光年ぐらいは離れているだろう。もっとも遠いクェーサーは一〇〇億光年か一二〇億光年か、あるいは、もっと離れているだろう。

私たちが一二〇億光年離れた天体を見ているときには、私たちは、その天体の一二〇億年前の姿を見ているわけだ。はるかかなたを見れば見るほど、私たちは、はるかな過去を見ることになる。宇宙の地平線を見ることは、ビッグ・バンの時代を見ることなのである。

アメリカの大型電波干渉計（VLA）は、二七個の電波望遠鏡を並べたもので、ニューメキシコ州のいなかにある。電波望遠鏡は、電波の位相に合わせて配置され、それぞれの電波望遠鏡は電子装置で結びつけられている。それは、全体として、もっとも離れた電波望遠鏡同士のあいだの距離を直径とする超大型の電波望遠鏡と同じ威力を発揮する。つまり、直径数十キロメートルの巨大な電波望遠鏡と同じであるかのように働く。

この大型電波干渉計は、光の領域で最大の天体望遠鏡が見分けることのできる微細なものを、電波の領域で見分け、区別することができる。

このような電波望遠鏡は、ときどき地球の反対側の電波望遠鏡と結びつけられる。こうすると、地球の直径と同じ長さの基線をとることができ、ある意味で地球と同じ大きさの電波望遠鏡となる。

将来は、地球の公転軌道のうえに人工惑星の電波望遠鏡をのせ、一個が太陽の向こう側にくるようにすることができるだろう。こうすれば、太陽系の内域と同じ大きさの電波望遠鏡を持つこ

となる。
このような電波望遠鏡は、クェーサーの内部構造や性質を明らかにすることができるだろう。おそらく、クェーサーの基準の明るさが発見され、赤方偏移とは無関係に、クェーサーまでの距離を知ることができるだろう。
もっとも遠いクェーサーの構造や赤方偏移を理解することができれば、宇宙の膨張は数十億年前にはいまよりも速かったか、膨張の速度は落ちつつあるのか、宇宙はいつの日か収縮するのか、といったことを知ることができるだろう。
現代の電波望遠鏡は、非常に感度が高い。はるかかなたのクェーサーは、きわめてかすかであり、検出された電波は一〇〇〇兆分の一ワットほどにすぎない。
地球上のすべての電波望遠鏡がこれまでに受信した、太陽系以外の天体からの電波のエネルギーは、すべてたし合わせても、雪の一片が地面に落ちたときのエネルギーにも及ばない。
宇宙の背景放射を探したり、クェーサーを数えたり、宇宙の知的生物からの信号を探したりするとき、電波天文学者たちは、ほとんどありもしないような電波を取り扱っているのである。
ある物質、とくに恒星のなかの物質は、可視光線を出して光るので、らくに見ることができる。しかし、たとえば、銀河の周辺にひろがる気体やチリなどの物質は、それほど簡単には検出できない。それは、可視光線を出さないからだ。しかし、それは別の電磁波を放出していると思われる。
したがって、私たちは、宇宙のなぞを解くのに、見なれない道具を使わなければならない。可

視光線なら私たちの目で見ることができるが、宇宙のなぞを解くには、それ以外の周波数の電磁波を調べなければならないのである。

地球のまわりの軌道にのった天文観測衛星は、銀河と銀河のあいだに、強いエックス線を出しているものがあることを見つけ出した。

はじめのうち、それは、銀河間宇宙の熱い水素ガスが出すエックス線だろうと考えられた。とすると、これまでに観測されたことのない、大量の水素ガスが宇宙に存在し、それは、宇宙を閉ざすのに十分な量であり、したがって、私たちは振動宇宙のなかに捕らえられている、ということになる。

しかし、最近になってリカード・ジャコニがエックス線の出ているところを、一つ一つの点に分けることに成功したようだ。それによると、エックス線は、はるかかなたのクェーサーの巨大な群れからきているようだという。この場合もまた、これまでに知られていなかった物質を宇宙空間につけ加えることになる。

宇宙のなかの物質の在庫量が完全に調べられ、すべての銀河、クェーサー、ブラック・ホール、銀河間宇宙の水素ガス、引力波、そのほか、もっと見なれない宇宙の住民たちの量がたし合わされれば、私たちは、自分たちがどのような宇宙に住んでいるかを知ることになるだろう。

### 不思議な平面国

宇宙の巨大な構造について議論をするとき、天文学者たちは「宇宙は曲がっている」とか「宇

宙には中心はない」とか「宇宙は有限だけれども、境界線はない」とかいうのが好きである。彼らは、いったい、何のことを話しているのだろうか。
いま、私たちは「不思議の国」に住んでいると考えよう。そこでは、すべての人が完全に平らである。ビクトリア女王時代のイギリスのシェークスピア研究家エドウィン・アボットにならって、このような国を「平面国」と呼ぶことにしよう。
私たちのなかには、四角な人もいるし、三角な人も、もっと複雑な形の人もいる。私たちは、平らなビルのなかにはいったり、そこから出てきたり、平らな仕事や平らな恋に夢中になりながら、ちょこまかと歩きまわっている。
平面国に住む人たちは、すべて横幅と縦幅とを持っているが、しかし、高さはまったくない。私たちは、左と右、前と後は知っているけれども、上と下については、想像することもできず、理解することもまったくできない。上と下を知っているのは、平らな数学者たちだけである。
数学者たちはいう。「いいですか。とても簡単なことなんですよ。左と右を考えて下さい。それから前と後とを。ここまではわかりますね。では、もう一つの次元について考えましょう。それは、ほかの二つの次元に対して直角に交わる次元です」
すると、私たちは、こういうだろう。「何をおっしゃってるんですか。『ほかの二つの次元に対して直角に交わる次元』ですって……。次元は二つしかないんですよ。その三番目の次元というのを見せて下さいよ。どこにあるんですか」
数学者たちは、がっかりして立ち去る。だれも、数学者のいうことなど、聞こうとはしないの

である。
平面国の四角な生物は、もう一つの四角な生物を、短い線としてしか見ることができない。四角な生物の、もっとも近い辺が見えるだけである。別な辺を見ようと思えば、少しばかり歩かなければならない。しかし、四角な生物の内部は、ひどい事故や解剖などによって辺が破れ、中身がはみ出さない限り、永久になぞに包まれたままである。
ある日、たとえばリンゴのような形をした三次元の生物が、この平面国にやってきて、あちこちほっつき歩いたとしよう。リンゴは、あたりを見まわし、特に魅力的な、気の合いそうな四角な生物が平たい家にはいっていくのを見て、次元間友好の気持ちから、あいさつをすることに決めた。
「こんにちは!」
と、リンゴは三番目の次元から声をかけた。
「私は三次元世界から来たものです」
四角な生物は、びっくりして、戸をしめた自分の家のなかを見まわした。しかし、だれもいなかった。
もっと悪いことに、上からやってくるあいさつの言葉は、彼自身の平たいからだのなかから出てくるように思われた。体内からの声のようなのだ。「おれの家系には、ちょっとばかり気違いの血が流れているらしい」と、彼は大胆にもそう思ったことだろう。
「頭が変なのかな」などと思われてじれったくなったリンゴは、平面国へと降りていった。三次

元の生物は、いま平面国に降り立ったが、しかし、平面国には部分的に存在するだけだ。平面国の平らな生物が見ることのできるのは、三次元の生物が、平面国の平らな表面に接している点や、部分の断面だけである。

平面国の表面をゆっくり歩いてゆくリンゴは、まず一つの点に見える。その点はしだいに大きくなって、ほぼ円形の断面となる。

二次元世界の閉め切った部屋のなかに、まず一つの点が現れるのを、四角な生物は目撃する。それは、しだいに大きくなって、円に近い形になる。形の変わる奇妙な生物が、どこからともなく現れたのだ。

平らな連中に拒否され、彼らの鈍感さにいや気がさしたリンゴは、四角な生物をつまみあげて、上空へと投げ上げた。その四角な生物は、ヒラヒラと舞い、クルクルまわりながら、三次元の世界へとのぼっていった。

何が起こっているのか、はじめは、四角な生物には、まったく見当がつかなかった。それは、彼がまったく経験したことのないことだった。

しかし、彼はついに、特別に有利なところ、つまり「上」から平面国を見ているのだ、ということに気がつく。彼は、閉め切った部屋のなかも見ることができる。彼は、平らな連中のなかも見ることができる。彼は、彼自身の宇宙を、特別な破壊的な見方で見ているのである。

別な次元へと旅をすると、エックス線写真のようなものを見ることができる。それは、思いがけない利益である。

しかし、その四角な生物は、ついに、落ち葉のように平面国の表面へとゆっくり降りていく。平面国の彼の仲間たちの目でみると、彼は、閉め切った部屋からわけもなく姿を消し、どこからともなく再び立ち現れたことになる。仲間たちは理解に苦しむのである。

「いったい、何が起こったのか」

と、彼らはたずねる。

「ボクは、『上』に行っていたと思うよ」

と、彼は答える。仲間たちは、彼の〝辺〟を軽くたたいて、彼を慰める。彼の家系には妄想の血が流れているのだろうか。

**四次元世界を想像する**

このような次元の違う世界についていろいろ考える場合、私たちは、話を二次元世界に限る必要はまったくない。私たちは、アボットにならって、一次元の世界を想像することもできる。そこでは、すべての人が、線の一部分である。また、点であるゼロ次元動物の、なぞめいた世界を想像することもできる。

しかし、もっと次元の高い世界のほうが、おそらく、もっとおもしろいことだろう。はたして四次元の物理的世界がありうるのだろうか。

私たちは、つぎのような方法で立方体を作ることができる。ある長さの線分をとり、その線分に対して直角となる方向へ、その線分の長さだけ移動する。こうすれば正方形ができる。つぎに、

その正方形に対して直角となる方向へ、その正方形を、もとの線分と同じ長さだけ移動する。これで立方体ができ上がる。

私たちは、この立方体が落とす影のことを知っている。それは、ふつう、二つの四角がくっつき合った形になっている。

いま、立方体の二次元の影を調べてみると、すべての辺が同じ長さではないこと、すべての角が直角ではないことに、私たちは気がつく。三次元の物体を二次元に変換するときには、もとの形は完全には引き写されない。これは、幾何学の投影法で次元をへらすときに払わなければならない税金みたいなものである。

では、つぎに私たちの三次元の立方体を取り上げ、それに対して直角になる方向、つまり四次元の方向へと動かしてみよう。それは、右と左、前と後、上と下の関係ではなく、それらの方向のすべてに対して直角となる向きである。

＊原注＝もし四次元の動物がいれば、それは、私たちの三次元世界に現れたり、姿を消したり、意のままにでき、形も大幅に変えることができる。その四次元動物は、私たちを、鍵をかけた部屋からつまみ出すこともできるし、私たちをどこからともなく出現させることもできる。その動物は、私たちを裏返しにすることもできる。裏返しにする方法はいくつかあるが、もっともいやなのは、内臓が外側にあって、光り輝く銀河間宇宙のガスや銀河、惑星などあらゆるものを含む宇宙が私たちの体内にくる、というやりかたである。私は、このような考えを好きになれる自信はない。

それがどの方向であるかを、みなさんに示すことは、私にもできない。しかし、それが存在することは、想像することができる。

このようにすれば、私たちは四次元の「超立方体」を作り出すことができる。それは「テッサラクト」とも呼ばれている。私は、その「テッサラクト」をみなさんに見せることができない。なぜなら、私たちは三次元の世界に捕らわれているからである。しかし「テッサラクト」が三次元世界に落とした影を、みなさんに見せることはできる。それは、二つの立方体を組み合わせたものに似ている。そのすべての頂点は、線で結ばれている。しかし、四次元の実際の「テッサラクト」は、すべての線が同じ長さで、すべての角が直角になっているはずである。

いま、平面国のような宇宙を想像してみよう。そこに住んでいる人たちにはわからないことだが、かれらの二次元宇宙は、三次元の物理的宇宙のなかでは曲がっている。

平面国の人たちが、近いところへ出かけるときには、彼らの宇宙は、まったく平らであるように見える。しかし、だれかが完全な直線と思われる線にそって、どこまでもどんどん歩いていけば、彼は大きななぞを発見することになるだろう。

彼は障害物にも出会わず、一度も向きを変えなかったのに、いつのまにか、出発した場所に戻ってきてしまったのである。

彼の二次元宇宙は、不思議な三次元世界のなかで、ひずみ、ゆがみ、曲がっているに違いないのだ。彼には、三次元の世界を想像することはできない。しかし、それがあることを推論することはできる。

いまの話のなかの次元を一つずつふやせば、私たち自身にあてはまる話となる。

**ほかにも宇宙がある？**

宇宙の中心はどこにあるのだろうか。宇宙には、はてというものがあるのだろうか。そのはてのかなたには、なにがあるのだろうか。

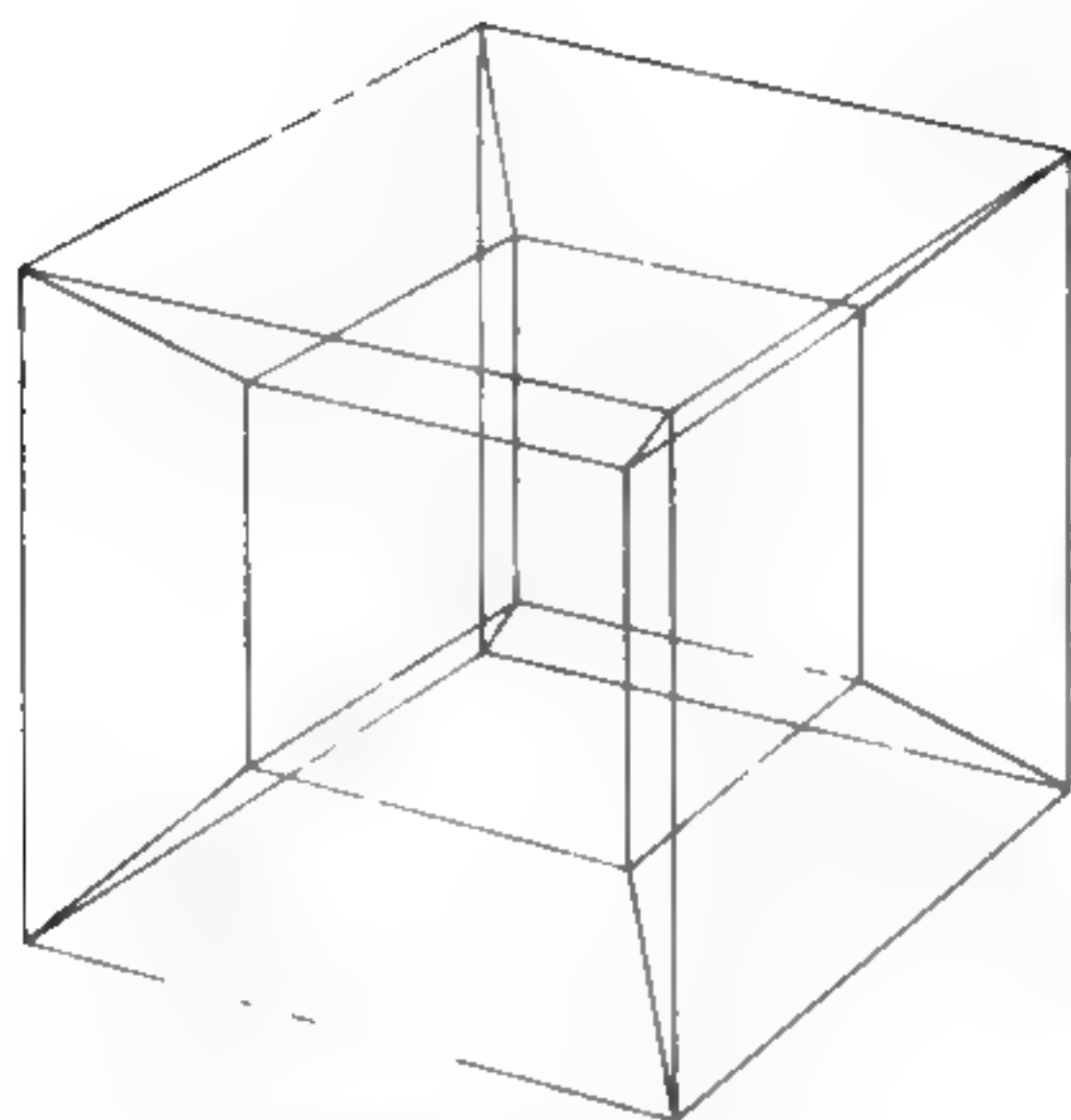
三次元世界のなかで曲がっている二次元の宇宙には、中心というものはなかった。少なくとも、球の表面には中心というものはない。

このような宇宙の中心は、その宇宙のなかには存在せず、近づくことのできない三次元の世界のなかに存在する。たとえば、球の表面の場合、その中心は、球のなかにある。

球の表面の面積は一定であるが、しかし、この宇宙に、はてはない。有限だが、はてはないのである。

その向こうになにがあるか、という質問は意味がない。なぜなら、平らな生物は、彼ら自身の二次元の宇宙に住んでいて、そこから逃げ出すことはできないからである。

いま、すべての次元を一つずつふやしてゆけば、私たち自身にあてはまる話になる。宇宙は四次元の超球であり、中心もなく、はてもなく、はての向こうには何もない。

この超球は、一つの点から膨張しつつある。それは、四次

三次元に写像したテッサラクト

元の風船がふくらみつつあるのに似ている。膨張にともない、宇宙の空間は時々刻々ふえつつある。

膨張がはじまったのち、あるとき銀河が凝結しはじめ、それらの銀河は、超球の表面にのって外側へと運ばれていった。

それぞれの銀河に天文学者がいるだろうが、彼らが見ている光も、超球の曲がった表面に捕らえられている。超球は膨張しつつあるので、どの銀河の天文学者たちも、ほかのすべての銀河が自分たちから逃げてゆきつつある、と思うだろう。そこには、特に選ばれた基準点というものはない。

そして、遠くにある銀河ほど、より速く遠ざかってゆく。銀河は、宇宙の構造体のなかに埋め込まれており、その宇宙の構造体は膨張しつつある。

では、ビッグ・バンは、いまの宇宙のどこで起こったのだろうか。この質問に対する答えは、明らかに「あらゆるところで」ということになる。

宇宙が永遠に膨張を続けるのを止めるだけの、十分な物質が、もし宇宙のなかにないならば、この宇宙は、開かれた形をしているはずである。私たちの三次元世界のものにたとえれば、それは馬のクラのような形に曲がっている。

もし膨張を止めるだけの、十分な物質があるならば、それは、閉じた形をしていることになる。私たちの三次元世界のものにたとえれば、それは球のように曲がっている。もし宇宙が閉じているならば、光はそのなかに捕らえられていることになる。

一九二〇年代のことだが、天文観測者たちはM31の反対の方向に、遠く離れたうずまき型銀河を二つ発見した。

「銀河系とM31とを反対側から見ているのだろうか。そんなことがありうるだろうか」と、彼らは首をかしげた。それは、あたかも、あなたの後頭部で反射された光が宇宙を一周して戻ってきたのを見るようなものなのだ。前を向いていて、自分の後頭部が見えるのである。

しかし、一九二〇年代に彼らが想像したのよりも、宇宙はずっと大きかった。そのことを、いま、私たちは知っている。光が宇宙を一周するのには、宇宙の年齢と同じくらいの歳月がかかる。そして、銀河は宇宙よりも若いのである。

しかし、もし宇宙が閉じていれば、光はそこから逃げ出すことができない。したがって、「宇宙はブラック・ホールである」というのは完全に正しいことなのかもしれない。もしブラック・ホールのなかがどうなっているかを知りたければ、自分のまわりを見まわせばよいのである。

前に、虫の食った穴の話をしたことがある（一三八ページ）。その穴を通れば、宇宙の一つの場所から別なところへ、途中まったく移動しないで行けるという話であった。つまり、途中の距離はゼロなのだ。その虫の穴とは、実は、ブラック・ホールであった。

このような虫の穴は、四次元の物理的世界を貫通するトンネルだろう、と私たちは想像するこ

＊原注＝私たちがどこから見ても、宇宙はおおよそ同じに見える、という説をはじめてとなえたのは、ジョルダーノ・ブルーノだった。

とができる。しかし、そのような虫の穴が現実に存在するかどうか、私たちは、まだ知らない。

だが、もしそのような虫の穴があるなら、そのような穴は、私たちの宇宙の、どこか別のところに、いつもあるのだろうか。それとも、虫の穴は、そこを通らなければ、けっして近づくことのできない別の宇宙につながっているのだろうか。そういうことが、ありうるだろうか。

私たちが知っているのは、ほかにも数多くの宇宙があるだろう、ということである。おそらく、そのような宇宙は、ある意味でたがいに組み合わさっていることだろう。

## 永遠のはてに立って

奇妙だが、忘れられない刺激的な考えが一つある。それは、科学や宗教のなかの、きわめてみごとな考えの一つである。この考えは、まったく証明されていないし、将来にわたっても証明されることはないかもしれない。しかし、それは、私たちの血をわきたたせる。

その考えによれば、宇宙には無限の階層があるという。したがって、私たちの宇宙にある、電子のような素粒子は、もしなかを見ることができれば、それ自身、ひとつの閉じた完全な宇宙であることがわかるだろう。

そのなかには、銀河やもっと小さな天体に相当するものが組み込まれている。つまり、はるかに小さなほかの素粒子が、ものすごくたくさんはいっていて、そのような小さな素粒子も、それ自身、つぎの段階の宇宙である。そして、このようなことが、いつまでも続いていく。宇宙のなかに宇宙があるという、下へ向けての無限のくり返しである。そこに終わりはない。

上へ向けても同じことである。私たちのよく知っている銀河や恒星、惑星、人間などの存在する宇宙は、つぎの段階のもっと大きな宇宙のなかの一つの〝素粒子〟にすぎないのである。それは、もう一つの無限のくり返しの第一段階にすぎない。

ヒンズー教の宇宙論では「宇宙は無限に循環をくり返し、終わりはない」というけれども、いま述べた宇宙の無限階層論は、私の知る限り、ヒンズー教をしのぐただ一つの宗教的な考えである。

では、そのようなほかの宇宙はどんなふうになっているのだろうか。それらの宇宙は、別の物理法則に基づいて作られているのだろうか。そのような宇宙のなかにも、星や銀河や世界があるのだろうか。それとも、何か、まったく違うものがあるのだろうか。

そのような宇宙には、想像もできないような変わった形の生命が存在しうるのだろうか。そのような宇宙にはいっていくためには、私たちは、何とかして、四次元の物理的世界を通り抜けていかなければならない。

それは、たしかにやさしいことではない。しかし、おそらくブラック・ホールが道を開いてくれることだろう。

太陽の近くにも小さなブラック・ホールがあるかもしれない。私たちは、永遠のはてに立ち、そこから飛び出すのだ。

# 11　未来への手紙

「いまや天と地との運命は定まった。堀も運河も正しい流れの方向を与えられた。チグリス川とユーフラテス川の堤防も完成した。さて、私たちは、ほかに何をすべきなのか。私たちは、ほかになにを創造すべきなのか。天の偉大な神アヌナキよ、私たちはほかになにをすればよいのか」

——アッシリア人の人間創造の説話（西暦紀元前八〇〇年）

「何という神様か知らないが、その神様は、ものごとを秩序だて、物質の混乱を解消し、それを宇宙の部分品にした。彼は、はじめに地球を巨大な球の形に作りあげた。したがって、地球は、どこもかしこも同じ形になった。……そして、すべての地域に生物が存在するようにした。天の床は星と神聖な形で占められ、光り輝く魚たちの住まいとして海が落ちてきた。地球は、けものや、動く空気や鳥を受け取った。……それから人間が生まれた。……ほかの動物たちは、すべてうつむき、目を大地に向けていたけれども、神は人間に上向きの顔を与え、直立して天に目を向けるように命じた」

——オウィディウス『メタモルフォーセス』（一世紀）

宇宙の巨大な暗黒のなかには、無数の恒星や惑星がある。それらは、私たちの太陽系より若いこともあるし、年をとっていることもある。

私たちは、まだはっきりと断言することはできないが、地球上で生物が進化し知的な動物が生まれたのと同じように、宇宙のどこででも生物が進化し知的な動物が生まれているはずである。私たちとはまるで違うが、私たちよりもずっと進歩した動物の住む惑星が、私たちの銀河系のなかだけでも、いま一〇〇万個ぐらいはあるかもしれない。

たくさんのことを知っているということは、利口だということとは別である。知能というのは、情報の量だけでは決まらない。情報を整理して利用する判断力が必要だ。

しかし、私たちがどれだけの情報を入手できるか、ということは、私たちの知能の高さを示す一つの指標である。

その情報の量をはかるものさし、つまり情報の単位は「ビット(bit)」と呼ばれるものである。これは「二進法の数字(binary digit)」という英語を縮めて作った単語である。

一ビットとは、はっきりした質問に対して「イエス」または「ノー」と答えることである。「ランプがついているか、消えているか」という質問に答えるには一ビットの情報があればよい。英語のアルファベット二六文字のうちの一つを示すには、五ビットの情報があればよい(なぜなら二の五乗、つまり二×二×二×二×二=三二であり、これは二六より大きいので、五組の「イ

エス」と「ノー」の組み合わせでアルファベット二六文字を示すことができる)。

この本のなかに含まれている言語情報は一〇〇〇万ビット(一〇の七乗ビット)よりもすこし少ない。テレビ番組の一時間分には一〇の一二乗ビットの情報が含まれている。

地球上のすべての図書館にあるさまざまな本のなかの文字や絵の情報は、一〇の一六乗か一七乗ビットほどである。

したがって、世界中の本に含まれている情報は、アメリカの一つの都市で一年間に放送されるテレビ番組の情報よりも少ない。しかし、すべてのビットが同じ価値を持っているわけではない。もちろん、そのような情報のなかには、重複しているものがたくさんある。しかし、このような情報量の数字は、人間がどれほどのことを知っているかを、おおまかに示すものである。

地球より何十億年も前に生物の進化がはじまった古い世界が、もしどこかにあるならば、その世界の住人は、おそらく一〇の二〇乗か三〇乗ほどの情報を持っていることだろう。もちろん、それは情報の量が違うだけでなく、情報の質もかなり違っていることだろう。

さて、進歩した知的生物の住む一〇〇万個ほどの世界のなかに、私たちの珍しい惑星・地球がある。それについて考えよう。地球は、太陽系のなかでは、液体の水の海を持つただ一つの惑星である。

この豊かな水の環境のなかには、比較的知能のすぐれた生物が数多く住んでいる。そのなかには、八本の足をもって物をつかむものもあるし、からだの斑点の明暗を微妙に変えることによって仲間同士で話をしているものもある。木や金属でできた船に乗って陸地からやってきて海を侵

略する利口な生物もいる。

しかし、この地球上でもっとも壮大な生物はクジラである。クジラは、すぐれた知能を持ち、深い大洋のなかの、やさしくておとなしい主人公である。

彼らは、地球上で進化した生物のなかでもっとも大きい動物である。* 恐竜よりもはるかに大きい。シロナガスクジラのおとなは、体長三〇メートル、重さ一五〇トンに達することがある。

多くのクジラ、とくにヒゲクジラの類は、おとなしい雑食者で、大量の海水から小さな動物をこしわけて食べている。

クジラが海にやってきたのは最近のことである。彼らの祖先は、陸上の肉食哺乳動物だったが、七〇〇〇万年ほど前に、ゆっくりと陸から海へ移住した。

クジラの母親は子供たちに乳を飲ませ、やさしく面倒をみる。子供時代は長く、そのあいだに、おとなたちがいろいろなことを教え込む。彼らは、ひまつぶしに遊ぶこともある。

このようなことは、すべて哺乳動物の特徴である。すべて、知的な生物の発達にとって重要なことである。

## 一万キロも届く海中通信

海のなかは暗い。陸上の哺乳動物の場合は、視覚と臭覚とがよく働くが、大洋の深いところでは、それらはあまり役に立たない。クジラの祖先のうち、結婚の相手や赤ちゃんや、敵などを見つけるのに、視覚や臭覚に頼っていたものは、あまり多くの子孫を残すことができなかった。

そこで、進化によって別の方法ができあがった。それは、きわめてよい方法だ。クジラを理解するときには、そのことを知らなければならない。それは音の感覚である。ある種のクジラが出す音は、歌だといわれているが、しかし、私たちは、その音の本当の性質や意味をまだ知らない。その音は、周波数の広い領域に及んでいて、低いほうは、人間の耳で聞きわけることのできる最低の周波数に達している。

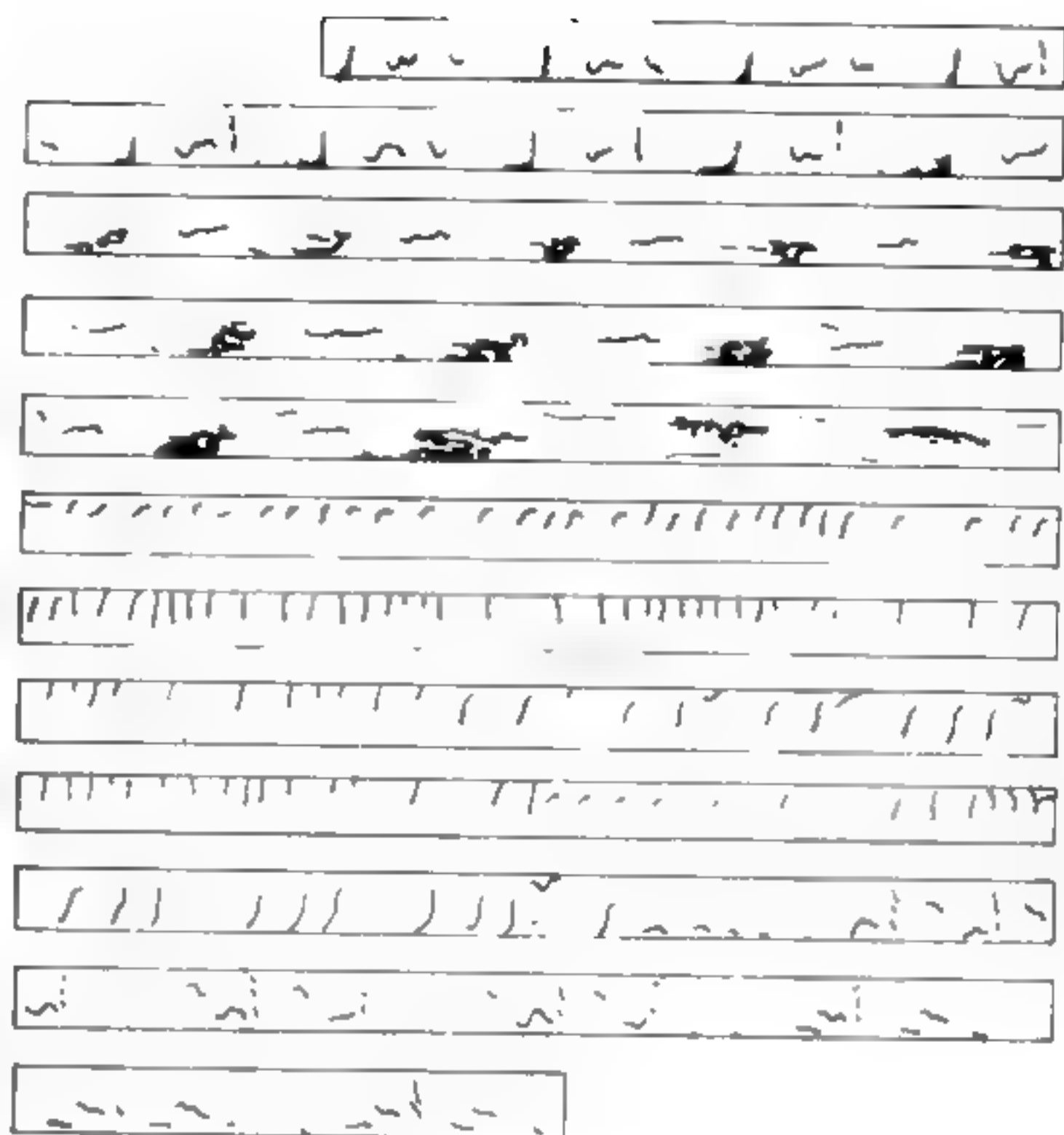
典型的なクジラの歌は、一五分ほど続く。もっとも長い歌は一時間におよぶ。それは、しばしば、拍子もメロディーも音階もそっくりにくり返される。

ときには、ひと群れのクジラたちが歌をうたいながら冬の海を離れて回遊の旅に出てゆくが、六カ月後に戻ってくるときにも、彼らはそっくり同じ楽譜の歌をうたっていることがある。まるで、そのあいだ一度も歌が途切れたことはないかのようである。

クジラたちは記憶力がきわめてよい。しかし、戻ってくるときには、発声法が変わっていることもしばしばである。クジラのヒット・パレードに新しい歌が登場するのである。

一つのグループに属するクジラは、しばしば同じ歌をいっしょにうたう。おたがいに心を合わせ、いっしょに歌を作曲してゆく。曲の変更は、口から口へゆっくりと確実に伝えられてゆく。

このような歌は複雑である。ザトウクジラの歌を、音の高低による言葉とみなすと、一曲のなかに含まれる情報は一〇の六乗ビットほどになる。これは古代ギリシャの大叙事詩『イリアッ

＊原注―セコイアという木のなかには、クジラよりも大きく、もっと重いものもある。

クジラの通信の波形

ド』や『オディッセイ』に含まれている情報とほぼ同じである。

しかし、クジラたちや、そのいとこにあたるイルカたちが、何を話し、何を歌わなければならないのか、私たちにはわからない。彼らには手がないし、工学的なものを作るわけではない。しかし、彼らは社会的な動物である。彼らは狩りをし、泳ぎ、魚をとり、エサを食べ、たわむれ、結婚し、遊び、敵から逃げる。彼らは、多くのことを話さなければならないのかもしれない。

クジラにとって最大の敵は、新しくやってきた連中である。それは、成り上がり者の動物で、ごく最近、技術の力によって海で力をふるえるようになった。彼らは自分たちのことを「人間」と呼んでいる。

クジラの歴史の九九・九九パーセントは、人間のいない時代であった。深い海の上や中に人間はいなかった。そのあいだに、クジラは、音によるすばらしい通信法を開発した。

ナガスクジラは、二〇ヘルツほどの周波数の、非常に大きい音を出す。二〇ヘルツというと、ピアノの鍵盤(けんばん)の、もっとも低いオクターブに相当する音である(ヘルツは周波数の単位で、音の波の一つの山と谷とが、毎秒一回ずつあなたの耳にはいれば、その音は一ヘルツである)。

このような、低周波の音は、海のなかでは、ほとんど吸収されない。アメリカの生物学者ロジャー・ペインの計算によると、音が大洋の深いところを伝わってゆくとすれば、二頭のクジラは、おたがいに世界のどこにいても、二〇ヘルツの音を使って通信をかわすことができるという。たとえば、南極のロス海の氷壁の近くにいるクジラは、アリューシャン列島の近くにいるクジラと通信をかわすことができるのだ。

クジラの歴史が始まって以来、ほとんどつねにクジラは全地球的な通信網を持っていたと思われる。おそらく、一万五〇〇〇キロ離れているところからでも、彼らは、海中の巨大なひろがりに向け、希望を持って愛の歌を送ることだろう。巨大で、すぐれた知能を持ち、通信をかわすこともできるクジラたちは、数千万年のあいだ、事実上まったく天敵を持たずに、進化を続けてくることができた。

ところが、一九世紀になって蒸気船が開発され、それらの船は騒音公害をばらまきはじめた。商船や軍艦の数がふえてくると、海のなかの騒音、とくに二〇ヘルツの周波数を持つ騒音が目立ってきた。クジラたちの通信は、しだいに困難となり、通信の届く距離は着実に短くなっていった。

二〇〇年前には、ナガスクジラは、おそらく一万キロメートル離れた仲間と通信することができただろう。しかし、今日、その距離はおそらく数百キロメートルに落ちているだろう。

クジラは、おたがいに名前を知っているのだろうか。彼らは、音だけで相手を聞き分けることができるのだろうか。私たちは、クジラをたがいに引き離してしまった。数千万年ものあいだ、

たがいに通信をかわしてきたクジラは、いまや、効果的に沈黙させられている。*
そのうえ、私たちは、もっとひどいことをしている。私たちは、今日までクジラの死体を売買し続けてきた。人間はクジラを狩り、殺して、その死体を口紅や工業用潤滑油の原料として売りさばいてきた。

このような知能の高い生物を組織的に殺すことは極悪非道なことだということを、多くの国が理解するようになった。しかし、クジラの売買はいまも続いており、それは、主として日本、ノルウェー、ソビエトによって推進されている。

私たち人類は、地球以外の知的な生物と通信することに興味を持っている。それなら、地球上の知的な生物、たとえば文化や言葉の違う人間や、大きなサル、イルカをはじめ、とくに海の知的な王者であるクジラとの通信を改善することからはじめるほうがよいのではなかろうか。

### 遺伝子と脳の図書館

クジラが海のなかで生きてゆくためには、なにをどうすればよいか、数多く学ばなければならない。その知識は、彼らの遺伝子と脳のなかに貯えられている。

遺伝子のなかには「プランクトンをどうやってからだの脂肪に変えるか」とか「水面から深さ一キロも潜ったときに、どうやって息を止めておくか」といった情報が納められている。

脳には「自分の母親はだれであるか」とか「いま聞こえている歌はどういう意味であるか」とかいう、習得した情報が納められている。

クジラは、地球上のほかのすべての動物と同じように「遺伝子の図書館」と「脳の図書館」とを持っている。
クジラの遺伝子も、人間の遺伝子と同じように、核酸で作られている。核酸は、自分のまわりにある建築材料を使って、自分とそっくり同じものを作り出す能力を持っている。また、遺伝情報を働かせる能力も持っている。それは、驚くべき分子である。
たとえば、クジラのからだのなかには、ヘキソキナーゼという酵素がある。それは、人間のからだのすべての細胞にも含まれている酵素である。クジラが食べたプランクトンのなかの砂糖の一分子を、わずかなエネルギーに変えるには、二〇以上の酵素を仲だちとする反応が必要だが、ヘキソキナーゼは、そのような一連の反応の第一段階を受け持つ酵素である。

＊原注＝これによく似た奇妙な話がある。宇宙のほかの技術文明世界との通信に好んで使われる電波は、周波数が一四億二〇〇〇万ヘルツに近いものである。これは宇宙にもっともたくさんある水素の、電波領域のスペクトル線の周波数と同じものだ。私たちは、いま地球以外の知的な生物からの信号を聞きはじめたばかりだが、地球上の民間や軍隊の通信によって、この周波数帯は、しだいに荒らされている。そのような電波を出しているのは、けっして大国だけではない。私たちは、恒星間通信のチャンネルを妨害しつつあるのだ。地球上の電波技術が無制限に成長すると、遠い世界の知的な生物との通信が簡単にはできなくなるかもしれない。彼らの歌は、地球の人間からの答えを聞くことなくむなしく通りすぎるかもしれない。なぜなら、私たちは、電波公害を規制してそのような歌を聞こうという意志を持たないからである。

このようにして作られたエネルギーは、おそらく、そのクジラが低周波の歌の音符一つ分を歌うのに役立っていることだろう。

クジラや人間や、そのほか地球上のすべての動物、植物の体内にはDNAの二重らせんがあるが、その二重らせんに貯えられている情報は、すべて四つの文字で書かれている。その文字というのは、DNAを作り上げているヌクレオチドで、このヌクレオチドという分子には四つの種類があるのだ。

さて、いろいろな生物の遺伝物質のなかには、どれほどのビット数の情報が含まれているのだろうか。さまざまな生物学的な問題に対して、生命の言葉で「イエス」とか「ノー」とか答えるわけだが、いったい、いくつの答えが遺伝物質のなかに書き込まれているのだろうか。

ウィルスには一万ビットほどの情報が必要である。それは、この本の一ページ分の情報とほぼ同じである。しかし、ウィルスの情報は簡潔であり、狭いところに、ぎっしりとつめ込まれていて、ものすごく効率がよい。その情報を読むのには、非常に綿密な注意が必要である。

ウィルスの持つ情報は「ほかの生物にはいりこみ、自分自身と同じものを作れ」という命令文である。ウィルスが得意なのは、自分自身と同じものを作ることだけである。

細菌は、ほぼ一〇〇万ビットの情報を持っている。それは、この本の約一〇〇ページ分に相当する情報である。細菌はウィルスよりも、ずっと多くのことをする。細菌はウィルスと違って完全な寄生生物ではない。細菌はみずから生計をたてなければならない。

自由に泳げる単細胞生物のアミーバは、もっと精巧である。それは、DNAのなかに約四億ビ

ットの情報を持っている。アミーバを一匹作るためには、五〇〇ページの本が八〇巻も必要である。

クジラや人間は、五〇億ビットほどの情報を持っている。私たちの生命の百科事典には、五かける一〇の九乗の情報が含まれているのである。私たちのからだの、すべての細胞の核に、その情報がしまわれている。本になおせば、一〇〇〇巻に相当する。

私たちのからだを作っている一〇〇兆個ほどの細胞のなかには、指示書のすべてを納めた完全な図書館が秘められている。その指示書によって、細胞は私たちのからだのすべての部分を作りあげる。

私たちのからだの細胞は、すべて、たった一つの細胞がつぎつぎに分裂してできたものである。そのたった一つの細胞というのは、私たちの両親が作り出した受精卵である。

胎児が成長して赤ちゃんになるまでの数多くの段階で、細胞は分裂を続けてゆくが、その分裂のたびに、もとの遺伝子の指示書は、ものすごく忠実に複製されていった。

私たちの肝臓の細胞のなかにも「骨の細胞をどう作るか」といった、使われることのない知識がはいっている。逆に、骨の細胞には、肝臓の細胞を作るための情報がはいっている。

私たちのからだが自らどうしなければならないか、といった情報のすべては、遺伝子の図書館に納められている。

笑い方、くしゃみのし方、歩き方、図形の見わけ方、子供のつくり方、リンゴの消化法、などといった、大昔からの情報は、あますところなく、注意深く、幾重にも遺伝子のなかに書き込ま

れている。

たとえば、リンゴを食べるということは、ものすごく複雑なことである。もし、私が自分自身の酵素を合成しなければならないとしたら、そして、食べものからエネルギーを取り出すための化学的な段階のすべてを、もし私が覚えていて指示しなければならないとしたら、私は、おそらく飢えて死ぬだろう。

しかし、細菌でさえも、空気のないところで砂糖を分解することができる。リンゴが腐るのは、そのためである。それは、細菌の昼食なのだ。

細菌と私たち、それから細菌と私たちとのあいだにあるすべての生物が、同じような遺伝子の指示書を数多く持っている。私たちの個々の遺伝子図書館にある本は、多くのページが、ほかの生物たちの本とそっくり同じである。これは、私たちが同じような進化の道すじをたどってきた、ということを私たちに思い出させてくれる。

私たちの技術は、私たちのからだが何の苦もなく行っている複雑な生化学的な反応の、ほんの一部しかまねることができない。私たちは、そのような反応について、いま学びはじめたばかりである。しかし、進化は数十億年ものあいだ進められてきた。ＤＮＡがそのことを知っている。

**進化の跡しめす人間の脳**

しかし、私たちがしなければならないことは非常に複雑で、数十億ビットの情報でも、不十分なのではないか。環境はきわめて速く変化してきたので、以前は十分に役立った遺伝子の百科事

典も、のちには、まったく不十分になったのではなかろうか。一〇〇〇巻の書物を持つ遺伝子の図書館でさえ、十分ではなかっただろう。だから、私たちは脳を持っているのである。

私たちのすべての器官と同じように、脳も数百万年の歳月をかけて進化し、ますます複雑になり、ますます多くの情報を持つようになってきた。脳の構造は、脳が通ってきたすべての段階を反映している。脳は内側から外に向かって発達してきた。

脳のいちばん奥深いところには、もっとも古い部分がある。それは脳幹で、心臓の拍動や呼吸のような、生命のリズムをはじめ、基本的な生物学的機能をはたしている。

ポール・マックリーンの挑発的な説によれば、脳の高い機能は、三つの段階を経て進化してきたという。

脳幹を覆っているのは「R領域」と呼ばれる部分で、ここは、攻撃、儀式、なわばり、社会階級などの座である。これは、数億年も前、つまり人間がまだ爬虫類だったころに発達した部分である。私たちの頭蓋骨（ずがいこつ）のなかの奥深いところには、ワニの脳と同じようなものがあるのだ。

R領域を取り巻いて、辺縁系（へんえんけい）と呼ばれる部分がある。これは哺乳類の脳である。いまから数千万年前、私たちの祖先が哺乳類ではあったが、しかしまだ霊長類にはなっていない、というころに発達したものだ。ここは、私たちの気分や感情、子供に対する心配や注意などの生じる場所である。

そして、いちばん外側に大脳皮質がある。それは、その下のもっと原始的な脳と、あぶなっかしい休戦協定を結んで生きている。これは、数百万年前、私たちの祖先が霊長類となってから発

達した部分である。

大脳皮質のなかの物質が意識を作り出すのだが、ここが、私たちの宇宙への旅の船出の場所である。それは、脳の重量の三分の二以上を占めており、そこは、直観と批判的分析との領域である。

私たちの考えや霊感は、ここから生まれ、読んだり書いたりするのもここであり、数学や作曲もここで行う。大脳皮質は、私たちの意識ある生活を調整している。それは、人間をほかの動物から区別しているものであり、人間性の座である。文明とは、大脳皮質の産物である。

脳の言葉は、遺伝子のＤＮＡの言葉とは違う。それは、ニューロンと呼ばれる細胞のなかに書き込まれていることがわかっている。ニューロンとは、直径が数百分の一ミリほどの、顕微鏡的な、電気化学的なスイッチ素子である。私たちは、それぞれ一〇〇〇億個ほどのニューロンを持っている。それは、銀河系のなかにある星の数に比べても決して少なくない。そして、数多くのニューロンが、それぞれとなりのニューロンと数千カ所で結合している。人間の大脳皮質のなかには、このような結合が一〇〇兆個ほどもある。一〇の一四乗個ほどの結合があるのだ。

チャールズ・シェリントンは、目ざめている大脳皮質の活動について、つぎのように想像している。

「大脳皮質のなかでは、火花がチカチカとリズミカルに光り、列をなしてすばやくあちこちへと移ってゆく。脳は目ざめており、脳とともに心が戻ってくる。それは、あたかも銀河が宇宙のダ

ンスをはじめたかのようである。大脳皮質は、たちまち魔法の織機となり、ピカピカ光る数百万個の杼(ひ)が模様のある布を織ってゆく。その模様は、しだいにはっきりしてくるが、いずれも意味をもった模様である。しかし、決して長続きすることのない模様であり、それぞれが、小さな模様の調和のとれた集まりである。そして、その集合は、どんどん変化してゆく。目ざめた人が起き上がると、偉大な調和をもって活動しているこの小さな模様は、下のほうの、まだ光のついていない脳のほうへと降りてゆく。光の糸や火花の列が、それを結びつける。それは、起き上がって、一日の活動を始めることを意味している」

眠っているときでさえ、脳は脈打ち、振動し、光り、人生の複雑な仕事を行っている。脳は夢を見、記憶し、考えているのである。

私たちの考えや直観や空想などは、物理的な実体を持ったものである。一つの考えは、数百個の電気化学的なパルスによって形づくられている。もしニューロンのレベルまで降りていけば、私たちは、精巧で複雑な、消えやすい模様を見ることができるだろう。その一つは、子供のころに、いなかの道端でみたリラの花のにおいかもしれない。その記憶が一つの火花になっている。もう一つは、「鍵をどこへ置いたかな」といった気がかりな情報かもしれない。

## 二〇〇〇万巻の本に相当

心の山脈には数多くの谷がある。脳は複雑に巻き込まれており、そのおかげで大脳皮質の表面

積は非常に大きくなっている。頭蓋骨のなかの狭い空間に大量の情報を貯えることができるのは、そのためである。

脳は、驚くほど忙しく神経化学的な反応を行っている。この機械の回路は、人間が考え出したどのような回路よりも、すばらしい。「意識」という美しい建築物は、一〇の一四乗個の神経の結合でできている。それ以上の何かによって「意識」が生じているということはない。そのような証拠はなにもない。

思考の世界は、大まかにいって二つに分けられている。大脳皮質の右半球は、主として、図形認識、直観、感覚、創造力などを担当している。左半球は、理性、分析力、批判的思考力を担当している。それらは二つの力であり、不可欠な両極である。それらが人間の思考の特徴となっている。この二つがいっしょになって、アイデアを生み出したり、それが正しいかどうかをテストしたりしている。

この二つの半球のあいだには、ものすごい神経の束があり、それを通じて、たえず対話が行われている。その神経の束は脳梁(のうりょう)と呼ばれているが、これは創造力と分析力とを橋渡しするものので、世界を理解するためには、その両方が必要である。

人間の脳が持つ情報量は、おそらくニューロン同士の結合の数と同じぐらいだろう。つまり一〇〇兆(一〇の一四乗)ビットほどだろう。これを言葉で表すとすれば、二〇〇〇万巻の書物に相当するだろう。それは世界最大の図書館の蔵書数と同じくらいである。

すべての人たちの頭のなかには、二〇〇〇万冊の本に相当する情報が詰まっているのだ。脳は

狭い空間しか占めていないが、それは非常に大きな世界である。
それらの本の大部分は、大脳皮質のなかにある。脳の基底部には、私たちの、はるか昔の祖先たちが頼りにしていた機能が宿っている。たとえば、攻撃、育児、恐怖、性をはじめ、指導者に盲目的に従う気持ちなどの働きが、そこに宿っている。読み、書き、話す、といった、より高級な働きは、特に大脳皮質のなかにあるようだ。一方、記憶は多くの場所に重複して貯えられている。
もしテレパシーといったようなものがあるとすれば、それは、愛する人の大脳皮質の本を読むというしあわせな機会に恵まれる、ということである。しかし、テレパシーが存在するという、納得できる証拠はない。このような情報の交流は、いまでも芸術家や作家の仕事である。
脳は、ものごとを思い出すだけでなく、それよりはるかに多くのことをする。脳は、ものごとを比較し、合成し、分析し、抽象する。
私たちは、遺伝子が知りうることより、はるかに多くのことを考え出さなければならない。だからこそ、脳の図書館は、遺伝子の図書館に比べて数万倍も大きいのである。
よちよち歩きの子供のふるまいをみても明らかなことだが、私たちは、学習への情熱を持っている。それは、私たちが生き延びるための道具である。
感情とか、宗教的儀式の行動とかは、私たちの心のなかの奥深いところに構築されている。それらは、私たちの人間性の一部である。しかし、そのようなことは、人間だけの特徴ではない。
ほかの多くの動物たちにも感情はある。人間がほかの動物たちと違うのは、優れた思考力を持

っていることである。大脳皮質は私たちを解放してくれた。私たちは、もはや、トカゲやヒヒのように遺伝的な行動様式にしばられている必要はないのである。

私たちは、それぞれ自分の責任において、自分の脳のなかに何を詰め込むか、おとなとして何の世話をやき、何を知るべきかを決めている。私たちは、もはや爬虫類の脳に支配されることなく、自らを変えることができるのである。

**都市の発達に似た脳の進化**

世界の大都市の大部分は、その時々の必要に応じて少しずつでたらめに発達してきた。遠い将来を見通して計画された都市は、きわめてまれである。

都市の進化は、脳の進化に似たところがある。それは、小さな中心部から発展してゆき、ゆっくりと成長し変化してゆくが、古い部分の多くも、なお機能し続けている。

進化のさいに、脳の古い中心部が不完全だからといって、それを取り除いたり、もっと近代的なものと取り替えたりすることはできない。脳の革新が行われるときにも、脳は働き続けていなければならない。それだから、脳幹のまわりにR領域があり、それから辺縁系があり、最後に大脳皮質がある、といった構造になっているのだ。

脳の古い部分は、あまりにも多くの基本的な機能をはたしているため、すっかり取り替えることはできない。それらは時代遅れになり、ときには脳全体の機能を阻害するようなことをしながら、はあはあいって生きている。しかし、それらは私たちの進化の当然の結果なのである。

ニューヨーク市の場合、大きな通りの多くは一七世紀に配置が決まった。証券取引所は一八世紀にできた。水道は一九世紀にでき、電力網は二〇世紀に作られた。

このような都市の施設は、すべていっしょに建設し、定期的に取り替えるほうが、作業はずっと効率的だろう（たとえばロンドンやシカゴの大火のような悲惨な火事が都市計画の助けになることがときどきあるのは、そのためである）。

しかし、新しい機能をゆっくりと付け加えてゆく、というやり方のおかげで、都市は何世紀ものあいだ、多少ともその機能をはたし続けてきた。

一七世紀には、人びとはブルックリンとマンハッタンのあいだを行き来するのに、渡し船でイースト川を渡った。一九世紀になると、技術が進歩して、その川につり橋をかけることができるようになった。そのつり橋は、正確に渡し場のところにかけられた。なぜなら、そこの土地が市有地だったからでもあり、また、前からあった渡し場のところに主な道路がすでに集まっていたからでもあった。

のちに、川の底にトンネルを建設できるようになったら、同じ理由から同じ場所にトンネルが建設された。そのほか、橋を建設したとき、すでに「ケーソン」と呼ばれるトンネルの小さな前身が、そこに埋設され、放置されていたことも、同じ場所にトンネルが建設された理由の一つであった。

このように、前からあるシステムを新しい目的のために利用し、再構築する、というやり方は、生物の進化と非常によく似ている。

私たちの遺伝子が、生き残るために必要な情報のすべてを貯えることができなくなったとき、私たちは、ゆっくりと脳を発明した。そのあと、おそらく一万年ぐらい前のことだろうか、私たちの脳のなかにたまたま納まっているものよりも、もっと多くのことを私たちは知らなければならなくなった。そういう時期がきたのである。

それで、私たちは、ものすごい量の情報を、遺伝子でも脳でもないところに貯えることを学んだ。このように、からだの外に、社会的な〝記憶〟を貯える方法を発明したのは、この地球上では私の知る限り人間だけである。そのような〝記憶〟の倉庫は、図書館と呼ばれている。

## 大昔の人たちの声を聞く

本は木から作られる。それは、黒い色素で字や絵を印刷した、平らな紙の集合体である。それをひと目みただけで、私たちは、ほかの人の声を聞く。おそらく、何千年も前に死んだ人の声も聞くことができるだろう。一〇〇〇年の歳月を超えて、著者は声をたてずにはっきりと、私たちの頭のなかで、私たちにじかに話しかける。文字を書くということは、おそらく人間の発明のなかでもっとも偉大なものだろう。それは、遠く離れた別の時代の、おたがいに知らない人たちを結びつける。本は、時間の足かせを断ち切る。それは、人間が魔法を行えることの証明である。

昔の著者たちのなかには、粘土板に書いた人たちがいる。西洋のアルファベットの遠い祖先であるクサビ形文字は、近東地方で五〇〇〇年ほど前に発明された。その目的は記録を残すことだった。穀物の購入量、土地の売買、王様の勝利、僧の規則、星の位置、神への祈りなどが記録さ

れた。何千年ものあいだ、文字は粘土板や石などに彫られたり、ロウや樹皮や皮をひっかいて書かれたり、竹やパピルスや絹布の上に書かれたりした。しかし、いつも一度に一つの原本しかできず、記念碑に彫られたもの以外は、わずかな人にしか読まれなかった。

だが、二世紀から六世紀までのあいだに、中国で、紙と、インクと、版木による印刷術とが、すべて発明され、一つの作品のコピーを数多く作って配ることができるようになった。

遠く離れ、遅れていたヨーロッパでは、この印刷術に追いつくのに一〇〇〇年もかかった。しかし、突然、本は世界のあちこちで印刷されるようになった。

一四五〇年ごろに、活字を使う印刷術が発明されるまでは、ヨーロッパ全体で数万冊の本しかなかった。それらはすべて手で書かれた本であった。その数は、西暦紀元前一〇〇年ごろに中国にあった本の数と同じくらいであり、アレキサンドリアの大図書館にあった本の一〇分の一ほどにすぎなかった。だが、五〇年後、つまり一五〇〇年のころには、印刷された本が一〇〇〇万冊ほどもあった。学問は、文字の読めるすべての人にとって、手の届くものになった。魔法は、あらゆるところに広がった。

そして最近では、本は大量に安く作られるようになった。とくにペーパーバックの本はそうである。ほどほどの食事一回分のお金を出せば、私たちは、ローマ帝国の興亡や種の起原や、夢の解釈、物の性質などを発見することができる。本は種子のようなものである。それは、何世紀ものあいだ休眠していることができ、もっとも将来性のない土地でも花を開くことができる。

世界の大きな図書館には数百万冊の本がある。それらの本の文字は、一〇の一四乗ビットほど

子のなかの情報に比べて、一万倍の情報量であり、脳のなかの情報に比べても一〇倍の情報量である。

私が一週間に一冊の本を読み終えたとしても、私は一生のあいだに数千冊の本しか読むことができない。それは、現代の最大の図書館にある本の〇・〇一パーセントほどにすぎない。したがって「どの本を読むべきか」を知ることが、読書のこつである。本のなかの情報は、本というものが誕生したときに、すっかり決められたわけではない。本の中身は、たえず変わっている。事件があれば修正されるし、世界が変われば、それに合うように変えられていく。

アレキサンドリアの図書館が創立されてから、すでに二三世紀になる。もし本もなく、書き残された記録もなければ、この二三世紀の歳月はどれほど長く感じられることだろうか。一世紀に四世代として、二三世紀のあいだには、およそ一〇〇世代の人間が生きてきたことになる。もし、情報がただ口から口へと伝えられるだけだったら、私たちは自らの過去についてほとんどなにも知らなかったことだろう。私たちの進歩は、ひどくのろいものだったろう。

私たちは、たまたまだれかが話してくれた、昔の人たちの発見を頼りにしなければならないし、その説明がどこまで正確なのかもわからない。おそらく過去の情報は大切にされるだろう。しかし、何回も語り継がれているうちに、その話はしだいにあいまいになり、ついには消えてなくなるだろう。

本によって私たちは過去への旅をすることができ、先祖たちの知恵をくみ取ることができる。

図書館は、私たちに過去の偉大な人たちの考えや知識を与えてくれる。それらは、苦労して自然から引き出された考えや知識である。また、図書館は、世界中でもっともすぐれた教師や、歴史のなかでもっともすぐれた思想家と私たちとを結びつけてくれる。そのような教師や思想家から、私たちは退屈することなくいろいろなことを学ぶことができる。そして、そのような教師に刺激されて、私たちも人類の知識の集積に対して、いくらかの貢献をすることができるようになる。

アメリカの公共図書館は、寄付金によってまかなわれているが、文明の健全性や、私たちの文化を支えているものへの理解の深さ、未来への関心といったものは、すべて、私たちがどれほど図書館を支援するかによって試されている。

### 地球を支配した恐竜たち

もし地球が同じ物質で一からやりなおすとした場合、人間によく似た生物がもう一度現れるということは、ほとんどありそうもないことである。進化の過程には、ものすごくでたらめなところがある。宇宙線は、遺伝子の違ったところをたたき、違った突然変異を作り出す。それは、最初は小さな違いだが、のちには大きな差になって現れる。生物学では、歴史の場合と同じように、偶然の出来事が大きな役割をはたす。重大な出来事の起こったのが遠い昔であればあるほど、それが現在におよぼす影響は、大きいものとなるだろう。

例として、私たちの手を考えよう。私たちは五本の指を持っている。そのうちの親指は、ほかの四本と向かい合えるようになっている。これら五本の指は、実によく役に立つ。しかし、親指

と五本の指、親指と三本の指、あるいは二本の親指と五本の指、といった組み合わせでも、同じように、よく役に立っただろうと私は思う。

私たちは、五本の指をきわめて自然で、当然なことと思っている。しかし、私たちの指の特別な形が本質的に最良である、というわけではない。私たちが五本の指を持っているのは、私たちがデボン紀の魚の子孫だからである。その魚は、ヒレのなかに五本の骨を持っていた。

もし私たちが、ヒレのなかに四本の骨や六本の骨を持つ魚の子孫だったら、私たちは、両方の手に四本か六本ずつの指を持ち、それをまったく自然なことと考えたことだろう。

私たちの算法は一〇を基数としているが、それは、ただ私たちが両手に一〇本の指を持っているからにほかならない。*もし、事情が違っていたら、私たちは八や一二を基数とする算法を使い、一〇を基数とする算数を、新数学と呼んだことだろう。

同じことが、私たちのからだの、ほかのもっと不可欠な部分の多くについてもいえる、と私は思う。たとえば、私たちの遺伝物質、内部の生化学的な反応、形、身長、内臓、愛や憎しみ、情熱や絶望、やさしさや攻撃欲、分析的思考力などのすべてが、少なくとも部分的には、ものすごく長い私たちの進化の歴史のなかで起こった、見たところ小さな事故の結果である。もし、一匹の小さなトンボが石炭紀の沼にはまっておぼれるという、一見つまらぬ事故があったとしたら、その結果、今日飛行機に乗っている知的な生物は、からだに羽を持ち、森のなかで子供たちに飛び方を教えていたかもしれないのである。

進化の原因と結果の図式は、驚くほど複雑な網の目になっている。残念ながら、私たちは、そ

れについて不完全な理解しか持っていない。
　ちょうど六五〇〇万年ほど前、私たちの先祖は、なんの愛想もない哺乳動物だった。大きさも知能の程度もモグラかリスぐらいであった。このような動物から、今日地球を支配している人間ができた、と推測したのは、非常にずぶとい生物学者だったに違いない。
　そのころの地球上には、恐ろしい悪夢のようなトカゲの仲間がいた。あの恐竜たちである。彼らは、ものすごく成功した生物で、当時は、事実上、生物の住めるすべての場所に満ちあふれていた。泳ぐ爬虫類もいたし、飛ぶ爬虫類もいた。六階建てのビルほどの恐竜もいて、地球の上をドシンドシンと歩きまわっていた。
　なかには、かなり大きな脳を持ち、直立の姿勢をとり、手にきわめてよく似た二本の小さな前足をもっているのもいた。彼らは、その二本の前足で、ちょこまか走りまわる小さな哺乳類を捕らえて食べた。おそらく、私たちの遠い祖先も、彼らの食卓を飾ったことだろう。
　もし、このような恐竜が生き残っていたら、今日、地球を支配する知的な生物は、身長が四メートルもあり、緑の皮膚を持ち、鋭い歯を持っていたことだろう。そして、人間というのは、トカゲたちの空想科学小説のなかの、不気味な空想の産物とされていたことだろう。
　しかし、恐竜は生き残ることができなかった。大きな破局的な出来事が起こって、彼らのすべ

*原注・五または一〇を基数とする算法は、まったく自明のことと思われるため、古代のギリシャ人たちは「数える」という言葉として「五にする」という意味の言葉を使っていた。

てと、地球上のほかの生物たちの多くが、いや、ほとんどが死に絶えた。*
しかし、リスは絶滅しなかった。哺乳動物は死ななかった。彼らは生き残った。

## 大破局で絶滅した恐竜

何が恐竜を消し去ったか、ということは、だれにもわからない。興味をそそる説としては「宇宙の大破局のせいだったろう」というのがある。かに星雲を作り出したような超新星の爆発が近くで起こった、という説である。

六五〇〇万年前に、太陽系から一〇光年か二〇光年離れたところで、たまたま超新星の爆発があったとすれば、強烈な宇宙線が宇宙空間にばらまかれたことだろう。そのいくらかは、地球を包んでいる空気のなかに飛び込み、空気中の窒素ガスを燃やしたことだろう。このようにして酸化窒素が生じ、それが大気中のオゾン層を取り去ることになった。オゾン層は太陽からの強い紫外線を吸収して地球の表面を保護しているのだが、そのオゾン層がなくなったため、地表が浴びる太陽の紫外線が強まり、紫外線に弱い生物の多くが焼死したり、突然変異を起こしたりした。そのような生物のいくらかは、恐竜たちの主食だったと思われる。

その災害がどのようなものであったにせよ、世界の舞台から恐竜が取り払われたので、哺乳類に対する圧力がなくなった。私たちの先祖は、大食漢の爬虫類たちの陰でひっそりと暮らさなくてもよくなった。私たちは、さまざまに変化し、繁殖し、栄えた。

二〇〇〇万年ほど前には、私たちの直系の先祖たちは、おそらく、まだ木の上に住んでいただ

ろう。しかし、のちに大氷河期がやってきて、森が後退し、大草原となったため、先祖たちは木から降りたと思われる。もし彼らが木の上での生活に非常によく適応していたら、木がほとんどなくなったとき、困ったことだろう。木の上に住んでいた多くの霊長類が木の消滅とともに姿を消した。わずかばかりの霊長類が、地上でかろうじて生き延びた。そして、そのような系統の一つが進化して人間となった。

なぜそのような気候の変化が起こったかは、まだ、だれにもわからない。太陽の明るさがわずかばかり変化したからかもしれないし、地球の軌道が少し変わったからかもしれない。あるいは巨大な火山の噴火があって、成層圏に火山灰が噴き上げられ、それが太陽光線を反射したため、地球が冷えたのかもしれない。あるいは、海の大きな循環が変わったからかもしれない。または、太陽系が銀河のチリの雲のあいだを通りすぎたからかもしれない。

原因が何であれ、私たちの存在が、偶発的な天文学的、地学的な出来事と、どれほど強く結びついているかを、私たちは再び知るのである。

私たちは、木を降りてから直立の姿勢をとるようになった。手は自由になった。私たちは、二つの目によって、ものを立体的に見ることができた。私たちは、道具を作るための数多くの前提

＊原注＝最近の分析によると、そのころ海のなかにいた生物の種のうち九六パーセントは、このとき絶滅したかもしれないという。このような高い率で生物が絶滅したので、今日の生物たちは、中生代後期に生きていた生物たちを代表しないわずかな種の生物から進化しなければならなかった。

条件を、すでに身につけていた。いまや、大きな脳を持ち、複雑な考えを伝達できることが大きな利益であった。ほかのものが同じなら、ばかであるより利口なほうがよい。知的な生物は、問題をよりよく解くことができ、長生きし、多くの子孫を残す。核兵器が発明されるまでは、知能は、生き延びるのに大きく役立った。

私たちの歴史のなかには、全身に毛の生えた小さな哺乳動物の群れがある。彼らは恐竜に見つからないように隠れ、木のてっぺんに移り住み、のちに大急ぎで地面に降りてきて火を飼いならし、文字を発明し、天文台を建設し、宇宙船を打ち上げている。もし、事情が少し違っていたら、知能が高くて手を使えるほかの生物が、同じような成果をあげていたことだろう。たぶん、利口な二本足の恐竜か、アライグマか、カワウソか、イカが、その役を務めたことだろう。

ほかの動物たちの知能がどのように違うかを知るのはよいことである。したがって、私たちはクジラや大きなサルを研究する。また、ほかのどのような文明が可能であったかを少しばかり知るために、私たちは歴史や文化人類学を研究する。しかし、私たちはすべて、クジラもサルも人間も、非常に密接に関係しあっている。したがって、私たちの研究が地球上の一つか二つの進化の系統だけに限られている限り、私たちは、ほかの知的生物や、ほかの文明が、どの程度のものであり、どのように輝かしいかを永久に知ることができないだろう。

## ほかの惑星に住む文明人

ほかの惑星では、遺伝的な変化を生み出す一連の偶発的な出来事も違っているし、遺伝子の特

別な組み合わせを選択する環境も違っている。したがって、私たちによく似たからだの生物がいる可能性は、ほとんどゼロである、と私は思う。ただし、別な形をした知的な生物を発見する可能性はあるだろう。

彼らの脳も内側から外へ向かって進化しているかもしれない。彼らも、私たちのニューロンに似たスイッチ素子を持っているかもしれない。しかし、彼らのニューロンは非常に違っているかもしれない。有機物でできた装置は室温で働くけれども、彼らのニューロンは、室温よりもはるかに低い温度で働く超電導素子でできているかもしれない。そうだとすれば、彼らの思考は、私たちのそれよりも一〇の七乗倍も速いだろう。

よその世界の生物のニューロンは、あるいは、物理的にじかに接触しているのではなく、電波通信で結ばれているのかもしれない。この場合、一人の知的生物は、数多くの違ったからだを持つことができ、その分身は、数多くの別の惑星に分散して存在することもできる。そのような分身は、それぞれ全体の知能の一部を分担し、自分より大きな知能に対し電波によって情報を送ることができる。*

私たちと同じように一〇の一四乗個ほどの神経の結合を持つ知的な生物の住む惑星が、どこかにあるかもしれない。しかし、一〇の二四乗とか、一〇の三四乗とかいう神経結合を持つ生物の

*原注＝ばらばらの個人を、電波によって連絡し、集積することは、ある意味で地球上でもすでに出現しはじめている。

住む惑星が存在する可能性もある。そのような生物たちは、いったい何を知っているのだろうか。私たちは、彼らと同じ宇宙のなかに住んでいる。したがって、私たちと彼らとは、共通の実質的な情報を持っているに違いない。もし、私たちが彼らと接触することができれば、彼らの脳のなかにあるものの多くは、私たちにとって非常に興味深いものであるに違いない。

しかし、逆もまた真である。私たちよりももっと進化した生物が地球以外の惑星にいるとしたら、彼らも私たちに興味を持つことだろう。私たちが何を知っているか、私たちがどう考えるか、私たちの脳はどうなっているか、私たちの進化の道筋はどうだったか、私たちの未来はどうなるか、といったことに、彼らは関心を寄せることだろう。

もし、比較的近い恒星のまわりの惑星に知的な生物がいたら、彼らは私たちのことを知ることができるだろうか。かすかな地球の上で、遺伝子から脳へ、脳から図書館へという、長い進化の過程が起こったということを、彼らはうすうす感づいているだろうか。

地球外の生物が、彼らの惑星から飛び出さない場合でも、私たちのことや、私たちがどう考え、どう感じているか、ということを彼らが知る方法は、少なくとも二つある。

一つは、大きな電波望遠鏡で聞く方法である。数十億年のあいだ、彼らは、弱い断続的な電波しか聞くことができなかっただろう。それらの電波は、雷や、地球の磁場のなかをヒューヒューと飛びまわっている電子や陽子が出す電波であった。

ところが、地球からくる電波が、急に強く大きくなってきた。そのような変化が起こってからまだ一世紀にもならないが、強くなった電波は、雑音というより、むしろ信号に似ていた。人間

という地球上の住人は、ついに電波通信の方法を見つけ出したのである。

今日、広範な国際放送、テレビ放映、レーダー電波の発信などが行われている。電波の二、三の周波数のところでは、地球は、太陽系のなかでもっとも明るい、もっとも強力な電波源となった。地球は、電波の上では、木星よりも明るく、太陽よりも明るい。したがって、地球外の文明人が、地球から出てくる電波を観測し続けていて、そのような信号を受信すれば「地球上では、最近なにかおもしろいことが起こりつつあるな」と結論するに違いない。

### 宇宙にも送信されるテレビ

地球は自転するので、発射された電波は、空を移動してゆく。したがって、ほかの恒星のまわりの惑星に住んでいる電波天文学者は、私たちの電波信号が現れたり消えたりする時間を観測して、地球の一日の長さを算出することができるだろう。

私たちの電波源のうち、もっとも強力なのは、レーダー電波の発信器である。そのなかには、レーダー天文学のための発信器もある。それは、電波の指で近くの惑星の表面を探ろうとしている。空に向けて発射されたレーダー電波のビームは、地球そのものより大きいし、その電波の大部分は、太陽系を抜け出て、恒星間宇宙のはるかかなたまで流れてゆく。だから、もし感度のよい受信器で聞いている知的生物があれば、それは必ず聞こえるはずである。

ところで、レーダー発信器の大部分は軍用である。それは、核弾頭をつけたミサイルが大量に発射されるのを警戒して、たえず空を走査している。ミサイルが自国の領土に到着するより一五

分早く、人類の終末を予知しようというのである。このようなレーダー電波の中身はゼロに等しい。ピー、ピーという単純な電波の連続にすぎない。

地球から発射される電波のうち、もっとも広く行き渡っていて、もっとも目につくのは、テレビの番組である。地球は自転しているから、あるテレビ局が地球の地平線から現れると、別のテレビ局は反対側の地平線の向こうに消えてゆく。番組は、ごっちゃになっていることだろう。しかし、このような電波でも、近くの恒星のまわりの惑星に住む進歩した文明人たちは、えり分けて、つなぎ合わせることができるだろう。

そのような番組のなかで、もっともよく出てくるのは、テレビ局の名前と、合成洗剤や防臭剤、頭痛止め、自動車、石油製品などを買いなさい、という訴えとである。そして、もっとも注目をひくのは、数多くの時間帯の数多くのテレビ局から同時に放映される番組、たとえば、アメリカ大統領やソビエト首相が国際的な危機にさいして行う演説などだろう。

そのほか、民間テレビ局の心ない番組や、国際的危機のうわっつら、家庭内での刺し違え事件、などといったことが、地球上の生活について、私たちが選んで宇宙に送り出している主な情報である。ほかの惑星の文明人たちは、私たちのことをどう思うだろうか。

このようなテレビ番組を呼び戻す方法はない。また、そのような電波を追い越し、先まわりして前の放送を修正する方法もない。何ものも光や電波より速くは進むことができないからだ。

地球上では、大規模なテレビ放送は、一九四〇年代の後半から始まったばかりである。

そのテレビ電波は、地球を中心とする球状の前線となって、光の速さで広がりつつある。そし

て、そのテレビ電波のなかには、アメリカのこども番組の主人公ハウディ・ドゥディの歌や、当時副大統領だったリチャード・M・ニクソンの愛犬チェッカーに関する有名な演説や、ジョゼフ・マッカーシー上院議員のテレビでの尋問などが含まれている。

このような番組は、数十年前に放映されたものだから、まだ、地球から数十光年のところまでしか達していない。もし、地球にもっとも近い文明人たちが、それよりもっと遠いところにいるのなら、私たちは、もうしばらく、安心して息をつき続けることができるだろう。いずれにしろ、このような番組を彼らが理解できないように、と私たちは希望しよう。

### ボイジャーに積んだ手紙

二つの探測器ボイジャーが、いま恒星へと向かっている。それらには、金を張った銅板で作ったレコードが一枚ずつ積んである。そのレコードには、カートリッジと針も添えてあり、アルミのジャケットには、使用法が書いてある。

私たちは、遺伝子や脳や図書館についてのいくらかの知識を、恒星間宇宙の海を航行するほかの生物へ向けて送ったのである。しかし、私たちは、科学の基礎知識を送ろうとは思わなかった。なぜなら、電波を出さなくなって久しいボイジャーを、はるかな恒星間宇宙のなかで拾いあげるほどの文明人なら、私たちよりもっと多くの科学知識を持っているだろうからである。

その代わり、私たちのユニークな点と思われるものを、なにか彼らに知らせたい、と私たちは考えた。それで、大脳皮質や辺縁系が興味を持つようなものをレコードに納め、R領域に関係す

ることは、あまり納めなかった。このレコードの受取人は、地球のどの言葉も理解できないかもしれないが、私たちは、六〇種類の言語によるあいさつと、ザトウクジラのあいさつとを、このレコードに吹き込んだ。また、世界各地の人たちが、おたがいに面倒をみたり、学んだり、道具や芸術品を作ったり、試合をしたりしている写真も、このレコードに吹き込んだ。

それから、数多くの文化圏のすぐれた音楽を一時間半だけ吹き込んだ。そのなかには、宇宙のさびしさについての私たちの気持ちを表現しているものや、孤独を解消したいという希望や、宇宙のほかの生物たちと接触したいという私たちの気持ちを表す音楽が含まれていた。

そのほか、生命の誕生よりも前の時代から、進化によって人間ができるまでのあいだ、いつも地球上で聞くことのできた、波や風の音とか、ごく最近芽を出した技術的製品の音も吹き込んだ。

これは、ヒゲクジラが、広い海のかなたに向かって、恋の歌を送る、その声に似ている。私たちが送ったメッセージの多くは、いや、そのほとんどすべてが、おそらく解読不能であろう。しかし、私たちは、それを送った。なぜなら、試みてみることが大切だからである。

そのような考えから、私たちは探測器ボイジャーのレコードのなかに、一人の人間の考えと感情も吹き込んだ。それは、一人の女性の脳、心臓、眼球、筋肉などの働きを示す電気的な信号である。それは一時間にわたって記録され、音に変え、時間を圧縮してレコードに入れられた。ある意味で、私たちは一九七七年という年の六月という月の、一人の人間の考えと感情との直接的なコピーを宇宙へ送り出したのである。

おそらく、このコピーは何の役にも立たないだろう。ちょっと聞いただけではパルサーの電波

に似ているので、このレコードを拾いあげた知的生物たちは、パルサーの電波の録音と思うかもしれない。あるいは、それを拾いあげたのが、想像もできないほど進歩した文明人だったら、そのようにして録音された考えや感情を解読して、それを私たちが彼らに送ったことを、高く評価してくれるかもしれない。

## 銀河社会の一員として

私たちの遺伝子に含まれている情報は非常に古い。その大部分は数百万年前からのものであり、一部は数十億年前からのものである。それに比べ、私たちの本に書かれた情報は、たかだか数千年前からのものであり、私たちの脳のなかにある情報は、わずか数十年前からのものである。このうち大昔からある情報は、人間だけにあるものではない。

地球には侵食、風化の現象があるので、記念碑や道具は、遠い将来までは生き延びることができない。それは、自然のなりゆきである。しかし、ボイジャーに積まれたレコードは違う。ボイジャーはいま太陽系の外へ向かって飛んでいる。恒星間宇宙で侵食作用を行うのは、主として宇宙線と、衝突するチリの粒とであるが、その侵食作用は非常にゆっくりしているので、レコードに刻まれた情報は、一〇億年は消え去らないだろう。

遺伝子や脳や本は、それぞれ違った方法で情報を納めており、その永続性はそれぞれ異なっている。しかし、ボイジャーに積んで恒星間宇宙に送られた金属製のレコードのみぞに刻まれた人類の記録は、それらのものより、はるかに長く生き残るだろう。それは「未来への手紙」である。

ボイジャーに積まれた手紙は、いやになるほどゆっくりしたスピードで飛んでいる。それは、これまでに人間が打ち上げたもののなかではもっとも速いが、それでも、いちばん近い恒星まで行くのに数万年もかかる。ボイジャーが何年もかかって飛んだ距離を、テレビの番組は何時間かで飛んでしまう。いま終わったばかりのテレビ放映の電波が、わずか数時間のうちにボイジャーに追いつき、土星の領域を超え、恒星へとすっ飛んでゆく。

その調子で飛んでゆけば、電波信号はケンタウルス座のアルファ星まで四年と少しで到達する。それからさらに何十年か何世紀かたって、宇宙のかなたのだれかが、私たちのテレビ放映をみたとき、私たちのことをよく思ってくれるように、と私は希望する。私たちは、一五〇億年におよんだ宇宙の進化の産物であり、局部的な物質の変化が、ついに意識を持つ人間にまで進化したのである。

私たちの知能は、最近、私たちに恐ろしい力を与えてくれた。私たちが自滅を避けるだけの知恵を持っているかどうかは、まだわからない。しかし、私たちの多くは一生懸命に努力している。

宇宙の時間的尺度でいえば、きわめて早い時期に、私たちの惑星である地球全体が平和のうちに統一され、地球上のすべての生物の生命が大切にされるような体制ができあがり、続いて、地球が銀河社会の一員として、ほかの文明世界と通信できるようになる方向へ、大きな一歩を踏み出すように、と私たちは希望する。

# 12　宇宙人からの電報

「おまえはだれか。おまえは、どこから来たのか。おまえのようなものを、これまで見たことがない。創造主ラベンは人間を見てそう言った。そして、この見なれない新しい生物が、自分自身にあまりによく似ているのでびっくりした」

――エスキモーの創造神話

「天が造られ、地が造られた。さて神よ、つぎに、だれが生きるべきか」

――アステカ族の年代記『王国の歴史』

「惑星についてのこのような主張は、いささか大胆すぎる、という人がいることは私も知っている。私たちは、数多くの可能性を積み上げてここまできたのだが、もしそのような可能性の一つがたまたま間違っていたり、私たちの仮定と逆だったりしたら、基礎の悪い建物と同じように、すべてが崩れてしまうだろう。私は、そのこともわきまえている。しかし……私たちが考えたように、地球は惑星の一つであり、ほかの惑星と同じく威厳と名誉とを持つものだと考える人たちは、あえて言うだろう。自然のオペラを見るための栄光の特等席というのは、どこにもない、と。もし、いっしょにオペラを見ている人がいるとしたら、私たちだけが、その自然のオペラの奥深

い秘密と知識とを知り得たといえるだろうか」

――クリスチアヌス・ホイヘンス『惑星世界とその住人ならびに産物に関する新しい考察』(一六九〇年)

「自然の創造主は、……宇宙のなかの大きな天体とこの地球との通信を不可能にしてきた。私たちのいまの状態では、それは不可能だ。彼は同じようにほかの惑星同士のあいだの通信線も、恒星系同士のあいだの通信線も切断した。……私たちは、それらの惑星や恒星系のすべてに好奇心を持つ。しかし、それは満たされないだろう、と私たちは思う。知恵は、自然のすべてにくまなく輝きわたっているけれども、私たちがどこまでも見ることができ、どれほどでも好奇心を強めることができる、と考えるのは適当ではない。最後には、失望がやってくるだけである。……したがって、このことから、私たちの現在の状態は、私たちの存在の夜明けであり、はじめであり、もっと進歩するための準備期間、見習い期間にすぎないと、当然考えなければならなくなる」

――コリン・マックローリン(一七四八年)

「(数学よりも)もっと一般的で、もっと単純で、誤りやあいまいさがもっと少なく、……自然のものごとの変わらない関係を表現するのに、もっと適した言葉はありえない。数学は(すべての現象を)同じ言葉で解釈する。それは、あたかも、宇宙の計画の統一性と単純性とを証明し、自然の出来事のすべてに不変の秩序があることをもっとはっきりさせようとするかのようであ

る」

――ジョゼフ・フーリエ『熱の解析理論』(一八二二年)

### 宇宙人は地球に来たか

私たちは恒星へ向けて、これまでに四つの探測器を打ち上げた。パイオニア10号と11号、ボイジャー1号と2号の四つである。それらは、遅れた原始的な探測器で、恒星間宇宙のものすごい距離に比べると、夢のなかで走っているような、ゆっくりとしたスピードで飛んでいる。しかし、将来、私たちは、もっとうまくやれるようになるだろう。私たちの探測器は、もっと速く飛ぶようになり、行き先の恒星も決められるようになるだろう。そして、遅かれ早かれ、人の乗った宇宙船が打ち上げられるようになるだろう。銀河系のなかには、私たちの地球よりも何百万年も古い惑星が数多くあるに違いないし、いくつかの惑星は、地球より何十億年も古いだろう。

とすれば、地球を訪れた宇宙人はいないのだろうか。地球ができてから数十億年もたつが、そのあいだに、はるかな文明世界から奇妙な宇宙船がやってきて、私たちの世界を上空から調べ、そのあとゆっくりと降りてきて着陸したことは、かつて一度もなかったのだろうか。玉虫色のトンボや、むとんじゃくな爬虫類や、キーキー騒ぐ霊長類や、放浪する人間たちが、そのような宇宙船を見たことは一度もなかったのだろうか。

そのようなことを考えるのは、まったく自然なことである。気まぐれにせよ、宇宙の知的生物

について考えたことのある人なら、地球によその宇宙船が来たという問題も、きっと考えたことだろう。しかし、そのようなことが実際にあっただろうか。

大切なことは、証拠といわれているものの質である。その証拠が、きびしく、疑いの目をもって精密に調べられたかどうか、ということである。もっともらしいというだけではだめである。一人か二人の目撃者と自称する人たちの、裏づけのない証言だけではだめなのだ。

UFOを見たという話はたくさんあり、また、大昔に宇宙人がやってきたという話もいっぱいある。そのような話を聞くと、地球は、ときどき、招きもしないお客の波に洗われているかのようにも思われる。しかし、いまあげた基準に照らせば、地球外の知的生物が地球を訪れたという、納得のできる事例はひとつもない。

実は、私は、そういう来訪者があってほしいと望んでいる。地球外の文明を理解する手がかりとなるような、複雑な文字を彫り込んだ銅貨のようなものでも発見されないかなあ、という私の願いには、抑えがたいものがある。それは、私たち人間が、かつて何回となく抱いてきた願いである。

物理学者のジョゼフ・フーリエ*は、一八〇一年には、フランスのイズール県の知事を務めていた。彼は、県内の学校を視察したとき、一一歳の少年を発見した。この少年は、ものすごく頭がよく、東洋の言葉に対してすぐれた勘をもっていたので、すでに多くの学者たちが、その少年のことを称賛の目でみていた。

フーリエは、彼を自宅に招いて雑談した。フーリエは、ナポレオンがエジプトに遠征したとき

同行し、古代のエジプト人たちが建てた天文学的な記念碑の調査を担当した。そのとき、彼は、エジプトの工芸品や道具などを集めて持ち帰った。彼の自宅で、そのコレクションを見て、少年は目を見はった。

それらに彫られた象形文字が少年の好奇心をかきたてた。

「その文字は、どういう意味のことを表しているのですか」

と、少年はたずねた。

「だれにもわからないんだよ」

と、フーリエは答えた。

少年の名前は、ジャン・フランソワ・シャンポリオンといった。彼は、だれにも読めない言葉のなぞに探究心の火をかきたてられた。彼はすぐれた言語学者となり、情熱をこめて古代エジプトの文字の研究に没頭した。

そのころフランスには、エジプトの品物があふれていた。それは、ナポレオンが盗んできて、のちにヨーロッパの学者たちの手に渡ったものだった。

*原注＝フーリエは、現在では、固体のなかの熱の伝わり方についての研究で有名である。彼の研究は、今日、惑星の表面の性質を理解するのに利用されている。彼は、また、波動やそのほかの周期的な運動の研究でも有名である。それは数学の一分野になっており、フーリエ解析という名で知られている。

遠征記は本として出版され、若いシャンポリオンは、それをむさぼるように読んだ。おとなになってから、シャンポリオンは成功した。子供のころの夢をはたし、古代エジプトの象形文字の、すばらしい解読法を発見した。

しかし、シャンポリオンが、彼のあこがれの国であったエジプトにはじめて足を踏み入れたのは、一八二八年のことだった。それは、彼がフーリエに会ってから二七年もたったときのことだった。彼は、理解しようと一生懸命に努力してきたエジプトの文化に敬意を表しながら、カイロからナイル川をさかのぼっていった。

当時としては、それは探検であった。異なる文明社会を訪れることであった。

## 象形文字のなぞを解く

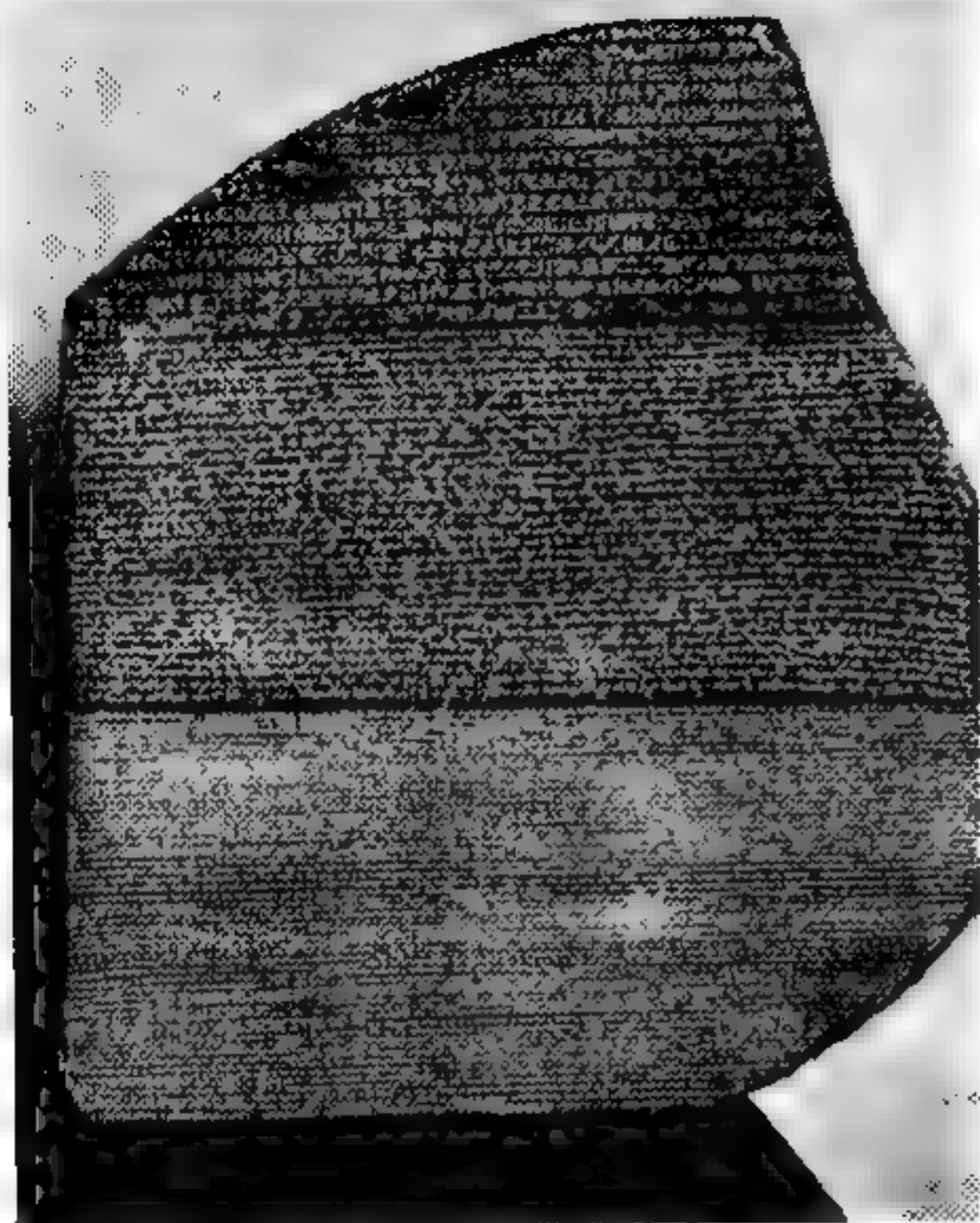
「一六日の夕方、私たちは、ついにデンデラに着いた。すばらしい月夜であったし、神殿までは、わずか一時間の道のりだった。私たちは誘惑に耐えられるだろうか。どんな冷静な男でも、きっと耐えられないだろう。食事をしてすぐ出かけるのが、時の勢いであった。案内人はつれず、私たちだけで行くことになった。私たちは寸分のすきもなく武装し、野原を歩いていった。……神殿がついに私たちの前に現れた。……その大きさを説明することはできるが、それがどんなものであるかを言葉でいうことは不可能だろう。それは、最高級の優雅さと壮大さとをいっしょにしたものだ。私たちは、うっとりとして、そこに二時間もいて、大きな部屋のなかを走りまわった。……そして、外壁に刻まれた文字を月のあかりで読もうと努めた。私たちが船に戻ったのは午前

三時だったが、午前七時には再び神殿に出かけた。月の光のなかで見た壮大さは、太陽の光のなかでも少しも変わらず、こまかなところまでよく見えるようになった。……ヨーロッパに住む私たちは、小人にすぎない。ヨーロッパのどの国も、古代から現代まで、古代エジプトの人たちが造ったような、崇高で、偉大で、堂々たる建造物を造ったことはない。そのような建築技術も考え出さなかった。古代エジプトの人たちは、身長が三〇メートルもあるような人たちのために、すべてのものを造るように命じたのであった」

カルナックやデンデラや、そのほかエジプトのあらゆるところにある建造物の壁や柱には文字が彫られていたが、シャンポリオンは、それをほとんど苦労せずに読むことができて、うれしかった。

ロゼッタ石

象形文字のことを英語では「ヒエログラフィック」というが、これは「聖なる刻文」という意味である。彼以前の多くの人が、それを解読しようと努力して失敗していた。

何人かの学者たちは、それを絵文字の一種であると信じた。何を示しているのか、あいまいな点が多かったが、大部分は、目玉や波のような線や、カブト虫やハチや鳥であった。なかでも鳥が多か

った。その解読法は矛盾だらけだった。

また「エジプト人たちは古代の中国から来た移民だ」と考える学者もあったし「いや、エジプト人が中国へ行ったのだ」という結論を出した学者もあった。

ニセものの翻訳書がものすごくたくさん出版された。ある翻訳者は、ロゼッタ石をひと目みて、すぐにその意味を発表した。そのころ、ロゼッタ石に彫られた象形文字は、まだ解読されていなかったが、彼は、「急いで解読すれば、長い時間をかけて考えるさいにかならず起こってくる組織的な誤りを避けることができる」といった。彼は「考えすぎないほうが、よりよい結果が得られる」ともいった。

今日、地球外の生物の探査についても、しろうとたちの気ままな憶測が、この分野の多くの専門家たちを驚かせている。

シャンポリオンは、象形文字が絵によるたとえ話であるという説にさからった。彼は、すばらしい思考力を持つ、トーマス・ヤングというイギリスの物理学者の助力を得て、ロゼッタ石を手がかりに、つぎのように、研究を進めていった。

その石は一七九九年、ナイル川の三角洲の町ラシードにとりでを築いていたフランス兵が、掘り出したものだった。ラシードの町から出たのだから、ラシード石と呼ぶべきだったが、ヨーロッパ人たちの大部分はアラビア語を知らなかったので、発音をまちがえ、「ロゼッタ石」と呼んだ。

それは、古代の神殿に使われていた石板だった。それには、明らかに同じ内容と思われること

が、三種類の文字で書かれていた。いちばん上が象形文字、まんなかは、民用文字と呼ばれる続け書きの象形文字、下はギリシャ語であった。このギリシャ語が解読の鍵となった。

シャンポリオンは、古代ギリシャ語をすらすらと読めたので、この石板の銘文が、西暦紀元前一九六年の春、国王プトレマイオス五世エピファネスが即位式をあげたのを記念して書かれたものであることを、すぐに読み取った。そのさい、王は政治犯を釈放し、税金を軽くし、神殿を寄付し、反逆者を許し、軍備を増強した。つまり、現代の統治者たちが自分の地位を失いたくないと思ったときにやることを、この王もすべてやったのである。

## ロゼッタ石が手がかりに

ギリシャ語の文章には、プトレマイオスという言葉が何回もでてきた。象形文字の文章には、それとほぼ同じ場所に、長円形のワクで囲まれた記号があった。シャンポリオンは「これはプトレマイオスを示しているようだ。その可能性はきわめて高い」と考えた。もしそうであれば、象形文字は、基本的に絵文字とか、たとえ話のような文字とかではなく、ほとんどすべての記号が、単音か音節を示していることになる。

同じ内容と思われるこの文章を書くのに、ギリシャ語と象形文字とでは、それぞれいくつの文字が使われているのだろうか。シャンポリオンは、それを数えてみた。すると、ギリシャ語のほうが、かなり少なかった。これもまた、象形文字が主として単音や音節を表していることを示すものであった。

だが、どの象形文字が、どの意に相当するのだろうか。さいわいなことに、シャンポリオンは一つのオベリスク（訳注＝石で作られた角柱の記念碑。古代エジプトで建てられた）を利用することができた。それは、ファイリーで掘り出されたもので、そのなかには、ギリシャ語の「クレオパトラ」に相当する象形文字が含まれていた。

プトレマイオスとクレオパトラを示す二つの長円形のワクの中身を左から右へ読むように置き替えたものを左に示す。プトレマイオス（PTOLEMES）はPではじまる。長円形のワクのなかの最初の記号は四角である。

クレオパトラ（KLEOPATRA）の名前のなかでは五番目の文字がPだが、クレオパトラの長円形のワクのなかの五番目の記号は四角である。それがPなのだ。

プトレマイオスの四番目の文字はLである。それはライオンで示されているのだろうか。クレオパトラの二番目の文字もLだが、象形文字のほうを見ると、ここにもライオンがいる。ワシはAである。クレオパトラの象形文字のなかには、当然のことながら二羽のワシが出てくる。

はっきりした方式が浮かび上がってくるではないか。エジプトの象形文字は、大部分が単純な表音符号なのである。

しかし、象形文字のすべてが単音や音節を表しているわけではない。いくつかは絵文字である。プトレマイオスの長円形のワクのなかの、最後の記号は「プタハの神に愛されて、とこしえなれ」という意味である。クレオパトラのワクのなかの最後に記された半円とたまご形の記事は「イシス神の娘」という、広く使われていた表意文字である。

このように、表音文字と表意文字とがごっちゃにまぜ合わされていたので、彼以前の翻訳者たちは解読に失敗したのだった。

振りかえってみると、この解読は、きわめて容易だったかのように聞こえる。しかし、これをなしとげるまでには、何世紀もの歳月がかかっていたし、さらに研究しなければならないこともたくさんあった。とくに、もっと古い時代の象形文字を解読するのは、手間のかかる仕事であった。

しかし、長円形のワクは、解読のための、鍵のなかの鍵であった。エジプトの王たちは、あたかも二〇〇〇年後のエジプト学者たちに楽をさせようとして、自分の名前をワクで囲んだかのようであった。

シャンポリオンは、カルナックの巨大な多柱式建築の神殿のなかを歩きまわり、刻まれた文章を読んだ。それは、ほかのだれにとってもなぞの文章だった。

子供のころフーリエに会ったとき抱いた疑問に、彼は自ら答えたのである。

ほかの文明とのあいだに、このような一方向の通信回路を開くことは、きわめて大きな喜びだったに違いない。何千年ものあいだ沈黙を守ってきた文化に、その歴史や魔術、医術、宗教、政治、哲学などを語らせることができたのである。

プトレマイオスとクレオパトラを示す象形文字

## 宇宙人との交信は電波で

今日、私たちは古代の珍しい文明からのメッセージを探している。その文明は、私たちにとって、時間的に隠されているだけでなく、空間的にも隠されている。

もし、私たちが地球外の文明人からの電報を受け取ったとしたら、私たちはそれをどのようにして理解することができるだろうか。

地球外の知的生物は、上品で複雑で、内部的には矛盾がなく、そして、まったく異質だろう。彼らは、もちろん、私たちに送る電報をできるだけやさしくしようと努めるだろう。だが、どうすれば、やさしくできるだろうか。

恒星間宇宙のロゼッタ石といったようなものが、なにかあるだろうか。「ある」と私たちは信じている。それぞれの文明世界がどれほど違っていようと、すべての技術文明に共通の言葉があるはずだ、と私たちは考えている。

その共通の言葉というのは、科学と数学とである。自然の法則というものは、どこへ行っても同じである。はるかかなたの恒星や銀河のスペクトルの模様は、太陽のスペクトルや、研究室での適切な実験のスペクトルと同じである。宇宙のあらゆるところに同じ化学元素が存在するばかりでなく、原子が放射線を吸収したり放出したりするときに働いている量子力学の法則も、どこででも通用するものである。

はるかかなたの銀河は、たがいに相手のまわりをめぐっているが、その運行は、地面に落ちる

リンゴの動きや、恒星へ向かうボイジャーを支配しているのと同じ「引力の法則」に従っている。自然の法則は、どこでも同じなのだ。

発達しはじめたばかりの文明人に理解してもらおうと考えて書かれた恒星間宇宙の電報は、たやすく解読できるはずである。

私たちは、太陽系の地球以外の惑星に、進歩した技術文明の世界があるとは期待していない。かりに、一つの世界があったとしても、私たちよりほんの少し、たとえば一万年遅れていたら、その世界には、技術と呼べるようなものは何もないだろう。

もし、私たちよりも少しだけ進歩した世界があるとしたら、私たちでさえ、すでに太陽系の探測を行っているのだから、その世界の代表者たちはすでに地球に来ているはずである。

したがって、ほかの文明人たちと通信をかわそうと思うならば、惑星間宇宙の距離を超えるだけではだめで、恒星間宇宙の距離を超えなければならない。

理想をいえば、そのような通信の方法は、大量の情報をきわめて安い値段で送ったり受けたりできるような、お金のかからぬものでなければならない。また、恒星間の対話を可能にするためには、スピードの速いものでなければならない。そして、技術文明の進化の仕方が違っていても、その通信をすぐに発見できるように、通信の方法は、はっきりした、わかりやすいものでなければならない。

驚くべきことに、そのような方法はすでにある。それは電波天文学と呼ばれているものだ。

この地球上でもっとも大きい、準可動式の電波・レーダー望遠鏡は、アレシボというところに

ある。それは、アメリカ科学財団の委託を受けて、コーネル大学が運営しており、プエルトリコ島の、奥まった山地にある。電波を発射する直径三〇五メートルのアンテナは球の一部分で、以前からあったおわん形の谷間に据えつけられている。

それは、宇宙の奥深くからやってくる電波を捕らえて反射し、おわんの真上の高いところにある送受信アンテナに送り込む。そのアンテナは制御室につながれており、そこで信号が解析される。

逆に、この望遠鏡をレーダー発信器として使うときには、送受信アンテナからおわんに向けて信号を発射する。おわんがそれを反射して宇宙へ向けて送り出す。

アレシボ電波天文台の望遠鏡は、これまで宇宙の文明人たちからの知的な信号を探すのにも使われてきたし、一度だけ、はるかな球状星団M13へ向けてメッセージが送られたこともある。

つまり、私たちは、両方向の恒星間対話を行う技術的な能力を持っているのである。少なくとも私たちにとっては、そのことは明らかである。

### 交信の相手はいるのか

アレシボ電波天文台は、ブリタニカ百科事典に書かれていることのすべてを、数週間のうちに、ほかの恒星のまわりの惑星にある、同じような電波天文台に向けて送り出すことができる。

電波は、光の速度で進むから、私たちが打ち上げた、もっとも速い恒星間探測器につけられたメッセージに比べ、一万倍も速く飛んでいく。電波望遠鏡は、周波数幅の狭い、きわめて強い信

号を発信することができるので、この電波信号は、恒星間宇宙のはるかな距離をへだてたところでも受信することができるだろう。
アレシボ電波天文台は、一万五〇〇〇光年離れた惑星の、同じような電波天文台とも通信をかわすことができる。それは、銀河系の中心までの距離の半分ぐらいだが、しかし、そのような通信を行うためには、おわん型のアンテナをどこに向ければよいかを正確に知っていなければならない。
電波天文学は、自然な技術である。事実上、どの惑星の大気も、その成分がどうであれ、電波の一部分はかならず通すものである。電波は、途中の恒星間宇宙のガスには、それほど吸収されず、散乱されることもない。それは、ちょうど、サンフランシスコとロサンゼルスのあいだにスモッグが発生して、可視光線での視界が数キロメートルに落ちていても、サンフランシスコの放送局の番組をロサンゼルスではっきり聞けるのと同じことである。
宇宙には、知的な生物と何の関係もない自然の電波源がたくさんある。たとえば、パルサーやクェーサー、惑星の放射線帯、恒星の外側の大気などがそれである。電波天文学が少し発達していれば、どの惑星からでも、そのような明るい電波源を見つけることができるだろう。
電波は、電磁波のスペクトルのなかの大きな部分を占めている。したがって、どのような波長であれ、いったん電磁波を発見すれば、その技術社会の人たちは、まもなく、その電磁波のスペクトルのなかから電波の部分を見つけ出すことだろう。
もっとすぐれた、効果的なほかの通信法もあるだろう。たとえば、恒星間宇宙船とか、可視光

線あるいは赤外線のレーザー、断続するニュートリノ、変調された重力波、そのほか、一〇〇〇年もたたなければ発見できないような、ほかの種類の発信法もあるだろう。
進歩した文明世界の人たちは、通信の手段として電波を使うことは、とうの昔に卒業しているかもしれない。しかし、電波は強力で、安く、速く、しかも簡単である。私たちのような遅れた文明世界の人間が、天からのメッセージを受けとろうと思えば、まず電波技術に頼るだろう、ということを、彼らは知っているはずだ。彼らは、古代技術の博物館から電波望遠鏡をひっぱり出してこなければならないだろう。
私たちが、もし電波のメッセージを受け取ろうというのであれば、私たちは少なくとも電波天文学について十分知っていなければならない。
しかし、話しかける相手が、だれかいるのだろうか。私たちの銀河系のなかには、三〇〇〇億個か五〇〇〇億個の恒星があるというのに、人の住む惑星を従えているのは、私たちの太陽だけだ、ということがありうるだろうか。
技術文明の世界は、宇宙のなかでは、ありふれたものであり、銀河系には進歩した社会がたくさんあって、脈打ち、うなりをあげている。したがって、私たちにもっとも近い文明社会は、それほど離れていないところにある。おそらく、すぐとなりの、肉眼で見える星のまわりの惑星にも電波望遠鏡が設けられ、電波信号を送り出しているだろう。私たちが夜空に見る、針の先のようなかすかな光の点の近くに一つの世界があり、そこでは、私たちとまったく違う生物が夜空を見上げ、私たちが太陽と呼んでいる恒星をぼんやりとながめ、一瞬にせよ、ふらちな憶測を楽し

んでいるだろう。——そのように考えるほうが、はるかに自然ではなかろうか。

しかし、そうだと断言することは、きわめてむずかしい。

進化によって技術文明ができあがるのには、きびしい障害があるかもしれない。惑星の数は、私たちが考えているよりも少ないかもしれない。生命の誕生は、私たちの研究室での実験が示しているほどには、やさしくはないのかもしれない。進化によって、進んだ生物ができることは、めったにないことかもしれない。あるいは、複雑な生物はすぐにできるのかもしれないが、知的な生物が生まれ、技術社会ができあがるのには、めったにないような偶然が重ならなければならないのかもしれない。それは、ちょうど、人間という種の進化が、恐竜たちの絶滅とか、大氷河期のために森が消滅したとかいう偶然の出来事に支えられているのと同じことだろう。私たちの祖先は、大氷河期の前までは、森のなかの木の上で、キーキー鳴きながら、ほとんど何も考えずに生きていたのである。

あるいは、文明社会はたしかに何回となく、銀河系の無数の惑星のうえにできあがったのかもしれない。しかし、そのような社会は一般的に不安定で、ほんの一部を除いて、ほとんどすべての文明社会が技術に負け、強欲と無知、公害と核戦争に屈服してしまったのかもしれない。

**知的生物のいる確率**

この大きな問題は、さらに突っ込んで考えることができる。私たちの銀河系のなかに、進歩した技術文明の世界がいくつあるか、という数（$N$）は、おおまかに推定することができる。

「進歩した文明世界とは、電波天文学を知っている生物たちの世界である」と定義しよう。もちろん、これは、ぜひ必要な定義ではあるが、しかし偏狭な定義である。住民たちがすぐれた言語学者であり、最高の詩人ではあるが、しかし、電波天文学には無関心だという、そういう世界も、無数にあるかもしれない。しかし、私たちは、そのような世界の人たちのメッセージを、受け取ることはできないだろう。

$N$は、数多くの因子を掛け合わせたもの、つまり、そのような因子の積で表すことができる。因子というのは、それぞれが一種のフィルターだ。文明世界が数多く存在するためには、それぞれの因子が大きくなければならない。

$N_*$＝銀河系のなかの恒星の数。
$f_p$＝惑星系を持つ恒星の割合。
$N_e$＝ある特定の惑星系のなかで、生物の存在しうる生態学的環境を持つ惑星の数。
$f_l$＝適当な環境を持つ惑星のなかで、実際に生物が誕生した惑星の割合。
$f_i$＝生物の住む惑星のなかで知的生物のいる惑星の割合。
$f_c$＝知的生物の住んでいる惑星のなかで、通信技術を持つ文明人のいる惑星の割合。
$f_L$＝その惑星の寿命のなかで、技術的文明人の存在する期間の割合。

以上の記号を使うと、つぎの方程式ができあがる。

ゆく。

$$N = N* \times fp \times Ne \times fl \times fi \times fc \times fL$$

このうち、$f$はすべて0から1までのあいだの小数であり、$N*$の大きな数を少しずつへらしてゆく。

$N$の数を導き出すには、それぞれの因子の数を推定しなければならない。この式の前のほうに出てくる因子については、私たちは、かなりよく知っている。恒星の数や惑星系の数などは、かなりよくわかっているのだ。

しかし、この式の後半の因子、つまり知的生物の進化や技術社会の寿命などについては、私たちは、ほとんど何も知らない。このような場合、私たちの計算は、推測の域をほとんど出ないことになる。

もし、私がこれから述べる推定値に異論をさしはさむ人があれば、その人は、自分自身の数字を選んで計算し、自分の代替案が、銀河系のなかにある進歩した文明世界の総数をどう変えるかをみてくださるように、お願いしたい。

この式は、もともとコーネル大学のフランク・ドレイクが考案したものだが、この式の大きな利点の一つは、これが恒星天文学や惑星天文学から有機化学、進化論、歴史、政治、異常心理学まで広くカバーしている点である。

宇宙のことの多くは、このドレイクの式のなかに含まれている。

私たちは、$N*$の数を、かなりよく知っている。これは、銀河系のなかの恒星の数を示すのだが、天の代表的な小さな区域の星の数を注意深く数えることによって、この数は知ることができる。

それは、数千億個である。ごく最近の推定値は、四かける一〇の一一乗個、つまり四〇〇〇億個になっている。

核融合反応の燃料の貯えを短期間に浪費してしまうような、寿命の短い巨大な星は、ほんの少ししか存在しない。大部分の星は、数十億年か、それ以上の寿命を持ち、そのあいだ安定した光を放ち、近くの惑星で生命が誕生し進化するさいの適当なエネルギー源となっている。

恒星ができるときには、しばしば惑星もいっしょにできる。それを示す証拠はいくつもある。たとえば、木星、土星、天王星などをめぐるいくつもの衛星は、小型の太陽系のようであるが、これは、惑星ができやすい証拠の一つである。また、惑星の起源についての理論も、二連星の研究も、恒星のまわりに輪があるという観測結果も、近くの恒星が惑星の引力にひかれてふらついているという、予備的な観測の結果も、惑星ができやすいことを示している。

数多くの恒星が、いやおそらくほとんどすべての恒星が惑星を持っていることだろう。したがって、恒星のなかで惑星を持っているものの割合$f_p$を、私たちは三分の一にほぼ等しいと考える。したがって、銀河系のなかにある惑星系の総数は、$N_* \times f_p \simeq 1.3 \times 10^{11}$となる（$\simeq$は、「ほぼ等しい」という記号である）。つまり一三〇〇億個ほど惑星系があることになる。

これらの惑星系が、私たちの太陽系と同じように、それぞれ一〇個ほどの惑星を持っているとすると、銀河系のなかにある惑星世界の総数は一兆を超える。それは、宇宙のドラマのための広大な舞台である。

私たちの太陽系のなかには、生物が生きてゆくのに適した天体がいくつかある。地球はたしか

にそうだし、火星や、土星の衛星タイタン、木星なども、おそらくそうであろう。
生命は、いったん誕生すると、環境にきわめてよく適応し、粘り強い。ある特定の惑星系のなかにも、生物が生きていくのに適したさまざまな環境の惑星がいくつもあるに違いない。しかし、私たちは、$N_e$の数としては、控えめに2を選ぶ。
したがって、生命の存在に適した惑星は、銀河系のなかに、$N_* \times f_p \times N_e \fallingdotseq 3 \times 10^{11}$ほどあることになる。つまり、三〇〇〇億個ほどである。
実験によれば、生命の基礎となる分子は、宇宙のもっともありふれた条件のもとで容易に作られる。つまり、自分自身の複製を作り得る分子の建築材料は簡単にできるのだ。
しかし、私たちは、いまや、不確実な足場のうえに立っている。何十億年も続いた原始的な化学の時代に、遺伝子の符号の発達を妨げるようなものがあったとは、私は考えない。しかし、そのような障害があったかもしれない。私たちは$f_l$の値として三分の一を選ぶ。$f_l \fallingdotseq 1/3$である。
ということは、少なくとも一度は生命の誕生した惑星が、銀河系のなかには、$N_* \times f_p \times N_e \times f_l \fallingdotseq 1 \times 10^{11}$だけあることになる。つまり、生物の住む世界が約一〇〇〇億個あるということだ。
これだけでも、すばらしい結論である。しかし、私たちは、まだすべての計算を終えたわけではない。

### 文明世界は一〇個だけ？

$f_i$と$f_c$の値を求めることは、もっとむずかしい。生物の進化史と、人間が現在のような知能と

技術を持つまでに発展した、その歴史のなかには、ほとんど起こりえないような数多くの偶然があった、と考えることもでき、他方、特別な能力を持った文明の発達には、まったく違った道筋が数多くあるに違いない、と考えることもできる。

ここでは、カンブリア紀の生物爆発に代表されるような、大きな生物の出現が、明らかに困難だということを考えに入れて、$f_i \times f_c = 1\ 100$という数字を選ぶことにしよう。

これは、生物が誕生した惑星のうち、技術文明の社会が生まれるのは、わずか一パーセントにすぎない、ということを意味している。

この推定値は、さまざまな科学的な見解のまんなかぐらいに相当する。ある科学者は「三葉虫の出現から、火を飼いならすところまでは、あらゆる惑星系で、まるで弾丸のように進行するものだ」といい、別な科学者たちは「一〇〇億年、一五〇億年という歳月をかけても、技術的な文明が生まれてくるとは思われない」と考えている。

この問題は、私たちの研究が、ただ一つの惑星である地球のことに限定されているかぎり、いろいろな実験で確かめてみる、というわけにはいかない。

これらの因子を掛け合わせてみると、$N_* \times f_p \times N_e \times f_l \times f_i \times f_c \fallingdotseq 1 \times 10^9$となる。つまり、少なくとも一度は技術文明の栄えた惑星が一〇億個ほどはあるだろう、ということである。

しかし、これは「現在、技術文明の栄えている惑星が一〇億個ある」というのとは、まるっきり違うことである。それをいうためには、$f_L$の推定値を出さなければならない。

惑星の寿命のうち、技術文明の栄えている期間は、何パーセントぐらいなのだろうか。地球が

誕生してからこれまでに数十億年の歳月がたっているが、電波天文学を特徴とする技術文明を宿してから、まだ数十年しかたっていない。したがって、私たちの惑星・地球に関する限り$f_L$は一〇の八乗分の一より小さい。つまり一〇〇万分の一パーセント以下である。

しかし、私たちが、あすにも自らを滅ぼしてしまうということは、とてもありそうにない。だが、そういうことが起こったと仮定しよう。その自己破壊行為はあまりにも徹底していたため、太陽が死ぬまでの五〇億年かそこらの期間には、人間にしろ、ほかの動物にしろ、もう一つの技術文明を築くことはできなかったとしよう。

そうすれば、

$$N_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times f_L \approx 10$$

となる。つまり、ある特定の時点を考えると、銀河系のなかには、小さな、なまはんかな、ひと握りの、かわいそうなほどわずかな数の、技術文明の世界しかない、ということになる。自らを犠牲にして滅びゆく社会の代わりに、新しい技術社会が別な惑星に現れてくるので、この数はほぼ一定に保たれるだろう。

この$N$の値は、1という小さな数になるのかもしれない。もし、文明人たちが、技術的な段階に到達するとすぐに自らを破壊してしまうのであれば、私たちは、私たち自身以外に話しかける相手をひとりも持たない、ということになる。しかも、私たちは、私たち同士の対話さえも、うまくはやっていない。

文明が栄えるまでには、何十億年にもわたる進化の過程が必要だが、しかし、そこまでくると、

文明人たちは、許しがたい一瞬の不注意によって、自らを滅ぼしてしまうのである。

## 始まった宇宙人探し

しかし、別な可能性についても考えてみよう。もし、いくつかの文明社会が、高度の技術を獲得したのちも生き続けてゆくことを学んだとしたら、どうだろうか。過去の脳の進化の気まぐれのために起こった矛盾を意識的に解決し、自己破壊に至らないとしたら、どうだろうか。かりに大混乱があったとしても、その後の何十億年間の生物学的進化によって、そのような混乱は修復されるとしたら、どうだろうか。

そのような社会は、古い繁栄の時代を生き続け、そのような社会の寿命は、おそらく地質学的進化か恒星の進化の時間的尺度で測らなければならないほど長くなるだろう。

もし、文明社会の一パーセントが、技術的な思春期を超えて生き続け、この重大な歴史的分岐点で正しい道を選んで成熟するとすれば、$f_L$は一〇〇分の一となり、したがって$N$は一〇の七乗ほどになる。つまり、銀河系のなかに生き残っている文明社会の数は、何千万かになる。

このドレイクの式の前のほうの因子、つまり天文学、有機化学、進化論などが関係している因子にも、信頼できない点があって、私たちは心配なのだけれども、しかし、この計算でもっとも不確かな点は、経済や政治や、そして、この地球上の場合は人間の性質に関することである。

もし、自己破壊が、銀河系の文明人たちの決定的な運命ではないとするなら、天には、恒星からのメッセージが、やわらかな歌のようにひろがっていることだろう。

このような計算は、私たちの心をかきたてる。もし宇宙からのメッセージが受信できれば、解読するまでもなく、非常に希望のもてることである。さきほどの計算が、そのことを示している。そのメッセージは、だれかが高度の技術を持ちながら生き延びる方法を習得したことを示しているのだ。技術的な思春期を超えて、その先までも生きてゆけることを示しているのだ。メッセージの中身はとにかく、これだけでも、ほかの文明世界を探すことが、どれほど大切かを示している。

数千万個の文明世界がこの銀河系のなかに多少ともでたらめにばらまかれているとしたら、地球にもっとも近い文明世界は、二〇〇光年ほど離れていることになる。電波が光の速さで飛んでいっても、地球からそこまでゆくのに二世紀もかかってしまう。

もし私たちが対話を始めたとしたら、ヨハネス・ケプラーが質問を送って、私たちが答えをもらう、といったことになる。とくに、私たちはまだ電波天文学をはじめたばかりなのだから、比較的遅れているに違いない。電波を出している別の文明社会は、私たちよりもずっと進んでいるだろう。したがって、私たちはメッセージを送るよりも、聞くほうにまわったほうが合理的である。地球よりももっと進んだ文明世界の場合は、もちろん立場は逆で、発信する側にまわるべきだろう。

私たちは、電波を使って、宇宙のほかの文明世界を探しはじめたが、この探測はまだ初期の段階にとどまっている。

星のいっぱい散らばった夜空を写真にとると、何十万個もの星がうつる。私たちの、より楽観

的な推定によると、それらの星のなかの一つには、進んだ文明世界がある、ということになる。しかし、どれがその星なのだろうか。私たちは電波望遠鏡をどの星に向ければよいのだろうか。
進歩した文明世界のある場所の目じるしとなる星が、数百万個はあるのだが、私たちは、まだそのうちの数千個も、電波では調べていない。私たちは、やらなければならないことの〇・一パーセントほどを、なしとげただけである。しかし、まじめな、力強い組織的な探測がやがて始まるだろう。その準備はアメリカとソビエトとで、いま進められている。
それは、比較的お金のかからない計画である。たとえば、近代的な駆逐艦のような、中程度の軍艦一隻分の予算があれば、地球外の生物を探す、一〇年におよぶ計画をまかなうことができる。

### 友好的な異文化接触

電波信号の受信によって異なる文明世界と出会うのは、キスのような軽やかな接触だが、人間の歴史のなかでは、異なる文化の接触は直接的、物理的であり、電波による接触とはまるで違っていた。人間の歴史のなかには、異なる文化の人たちが友好的に出会う、という習慣はなかった。しかし、宇宙の異なる文明世界との接触がどんなものかを知るために、過去の実例を一つ二つ調べてみよう。それは、きっと役に立つだろう。
アメリカの独立とフランスの革命とのあいだに、フランス国王ルイ一六世は、太平洋に探検隊を派遣した。それは、科学的、地理的、経済的、国家主義的な目的を持った航海であった。隊長はラペルース伯爵であった。彼は有名な探検家で、アメリカ合衆国の独立戦争のときには合衆国

のために戦った。

彼は、航海をはじめてから一年ほどたった一七八六年七月に、アラスカ海岸の、現在リチュヤ湾と呼ばれているところに着いた。彼は港を発見して喜び「世界のどの港もこれほどの便宜を与えてはくれないだろう」と書いている。この模範的な場所でラペルースは何を見たのだろうか。

「数人の野蛮人が見えた。彼らは、白いマントやいろいろな毛皮を広げたり振ったりして友情を示した。このようなインディアンたちのカヌーが何隻か、湾内で魚をとっていた。……（われわれは）いつも野蛮人たちのカヌーに囲まれていた。彼らは、われわれに、魚や、カワウソなどの動物の毛皮や、自分たちの着物についているさまざまな小さなものを差し出して、私たちの持っている鉄の製品と交換しようとした。驚いたことに、彼らは、取引に非常に慣れているように思われた。彼らは、ヨーロッパのどの貿易商よりもはるかにうまく私たちと掛け引きした」

インディアンたちは、ますますきつい掛け引きをするようになった。ラペルースが悩まされたのは、彼らがこそ泥も働くことだった。盗まれるのは、おもに鉄の製品だったが、一度はフランス海軍の将校の制服が盗まれた。それは、ある夜、武装した衛兵が見張っているところで起こった。将校が制服をまくらの下に隠して眠っているとき、インディアンたちはその制服を盗み出した。それは、まるで奇術師のような腕前だった。

ラペルースはフランスの国王のいいつけを守って平和にふるまったが「土人たちは、われわれ

が限りなく忍耐強いと信じているらしい」とこぼしていた。彼は、インディアンたちの社会を、さげすんでいた。しかし、どちらの文化の側も、相手に重大な損害は与えなかった。

ラペルースは二隻の船の補給を終えて、リチュヤ湾をあとにしたが、二度と戻ることはなかった。探検隊は一七八八年に南太平洋で遭難し、乗組員の一人を除いて、ラペルースをはじめ隊員のすべてが死んだ。*

## ワタリガラスの神様

それからちょうど一世紀たったとき、トリンギット族の酋長コウィーは、カナダの人類学者G・T・エモンズに、彼らの先祖が初めて白人に会ったときの物語を話してきかせた。その物語は、口から口へと伝えられたものだった。トリンギット族は、絵や文字の記録は何も持たなかった。コウィーは、ラペルースの名前さえ聞いたことがなかった。以下は、コウィーの物語を訳したものである。

「ある年の春が終わるころに、トリンギット族の大きな集団が、銅の交易をしようと北のヤクータットに向かった。鉄のほうがもっと貴重だったけれども、それは手に入れることができなかった。リチュヤ湾にはいったとき、四隻のカヌーが波にのまれた。生き残ったものたちはテントを張り、亡くなった仲間たちをとむらっていた。すると、二つの見なれぬものが湾のなかにはいってきた。それが何であるかは、だれも知らなかった。それらは、白い巨大な翼を持った大きな黒

い鳥のようだった。トリンギット族は『世界を造ったのは大きな鳥であり、その鳥は、しばしばワタリガラスの姿をしている』と信じていた。その鳥は、箱のなかに捕らえられていた太陽や月や星を解放してやったという。そのワタリガラスを見つめると、石になると信じられていた。それで、トリンギット族たちは驚いて逃げ、森のなかに隠れた。しかし、しばらくたって、なんの害もなさそうなことがわかると、何人かの大胆な連中が森から出てゆき、ザゼンソウの葉をクルクル巻いて、お粗末な望遠鏡を作った。それで見れば、石にならずにすむと信じたからである。そのザゼンソウの葉の望遠鏡で見てみると、大きな鳥は翼をたたみつつあり、小さな黒い使者たちの群れが、からだの部分から羽のほうへとよじのぼっていた」

「そのとき、ほとんど目の見えない年老いた戦士が、みんなを集めて言った。わしはもう年寄りだ。みんなのために、わしが出かけて行って、ワタリガラスの神が、神の子供を石にするかどうか、たしかめてこよう、と。彼は、ラッコの毛皮で作った服を着て自分のカヌーに乗り、ワタリ

＊原注＝ラペルースがフランスで船員を募集したとき、かしこい熱心な若者たちが数多く応募したが、その多くは採用されなかった。その不採用者のなかに、コルシカ島の砲兵将校だったナポレオン・ボナパルトという男がいた。それは、世界史の興味深い分岐点であった。もしラペルースがナポレオンを採用していたら、ロゼッタ石はけっして発見されておらず、シャンポリオンは象形文字をけっして解読しなかっただろう。そして、もっと重要な数多くの点において、私たちの最近の歴史は相当に変わっていたことだろう。

ガラスのほうへとこいでいった。彼はワタリガラスによじのぼり、聞きなれぬ声を聞いた。彼の衰えた視力では、数多くの黒いものが自分の前を行ったり来たりするのを知るのがやっとだった。おそらく、それらはカラスなのだろう。彼が仲間のところに無事に戻ってくると、みんなは彼を取り囲み、彼が生きているのでびっくりした。みんなは彼にさわり、彼のにおいをかぎ、それがほんとうの彼であるかどうかを確かめた」

「よくよく考えたすえに、老人は確信した。彼が訪ねていったのは、ワタリガラスの神ではなく、人間が作った巨大なカヌーである、と。黒いものはカラスではなく、種類の違う人間なのだ。彼の話を聞いて、トリンギット族のみんなもそれを信じ、船を訪ねていって、自分たちの毛皮と、数多くの見なれぬ品物とを交換した。交換して得たものは、主として鉄の製品だった」

トリンギット族たちは、口から口への言い伝えによって、ほかの文化との、最初の、ほとんど完全に平和的だった出会いの説明を残していた。それは、完全にそれとわかる正確な説明であった。*

もし、いつの日か、私たちが地球以外の進歩した文明人と出会ったとしたら、そのとき、かりに通じ合えるものが何もなかったとしても、その出会いは、フランス人とトリンギット族たちとの出会いのように、ほぼ平和的なものとなるのだろうか。

それとも、技術的にほんの少し進んだ社会の人たちが、技術的に遅れた社会の人たちをめちゃくちゃにやっつけてしまうという、身の毛のよだつような出会いの前例に従うことになるのだろ

うか。

## 破壊されたアステカ文明

一六世紀のはじめには、メキシコの中央部には、高度の文明社会が栄えていた。そこに住んでいたアステカ族は、記念碑的な建造物を持ち、手のこんだ記録文書を保存し、みごとな芸術を持ち、ヨーロッパのどのこよみよりもすぐれた天文学的なこよみを使っていた。

メキシコからの最初の宝船が戻ってきたとき、アステカ族の工芸品を見た芸術家のアルブレヒト・デューラーは、一五二〇年八月に、こう書いている。

「これほど私の心を喜ばせるものは、これまでに見たことがなかった。両手を広げたほどの大きさの、すべて銀でできた太陽（それは、アステカ族の天文学的なこよみであった）、同じ大きさ

*原注＝トリンギット族の酋長コウィーの説明は、文字を持たない人たちのあいだでも、進んだ文明との接触のはっきりした説明が何世代にもわたって保存される、ということを示している。もし、数百年あるいは数千年前に、地球以外の進んだ文明人が地球を訪れたとしたら、彼らと接触した地球人たちが、かりに文字を持っていなかったとしても、出会いのはっきりした説明が保存されていると期待してもよいだろう。しかし、地球以外の文明人との接触としてしか理解できないような、前技術時代の初期からの信頼できる伝説は、一つも残っていない。

の、同じような、すべて銀でできた月、……それから二つの箱にいっぱいの、いろいろな種類の武器、よろい、そのほか不思議な武器、それらはすべて、不思議というよりむしろ美しかった」

知識人たちは、アステカ族の本を見て肝をつぶした。彼らのひとりは「エジプトの本に非常によく似ている」といっている。

エルナン・コルテスは、アステカ族の首都テノチティトランのことを「世界でもっとも美しい都市の一つであり、……人びとの活動や振る舞いは、スペインと同じくらいの高いレベルにあり、よく組織されていて秩序がある。これらの人たちが野蛮であり、キリスト教の神を知らず、ほかの文明国と通信をかわす手段を持たないことを考えれば、彼らが持っているものは、すべてすばらしい」と書いている。

コルテスは、この言葉を書いたあと二年たったとき、テノチティトランと、そのほかのアステカ文明を完全に破壊した。つぎにあげるのは、アステカ族の説明である。

「モンテスマ（アステカ族の皇帝）は、話を聞いて驚き、恐れた。彼らの食べものも、皇帝には不思議に思われたが、しかし、皇帝がほとんど気を失いそうになったのは、スペイン人たちが使っている大きなロンバード砲の話を聞いたときだった。それは弾丸をうち出し、弾丸は雷のような音を立てて飛び出した。その音を聞いて気を失いかけたものもいたし、目をまわしたものもいた。何か石のようなものが、火と火花の雨のなかから飛び出してきた。その煙は不快であった。気持

ちの悪くなるような、いやなにおいだった。そして、弾丸は山に当たり、その山をこなごなに破壊し消してしまった。それは、木のオガクズみたいにしてしまった。……木は、まるで吹き消されたかのように姿を消した。……モンテスマは、このような話をすべて聞き終わったとき、恐怖におののいた。彼は、気が遠くなるような気がした。心臓も止まりそうだった」

その後も、いろいろな報告がモンテスマ皇帝のところに届いた。「われわれは、彼らほど強くはありません」「彼らに比べたら、われわれは、ものの数ではありません」などといった報告だ。そして、スペイン人たちは「天からきた神様」と呼ばれるようになっていった。

しかしながら、アステカ族の人たちは、スペイン人たちについて幻想を抱いていたわけではない。彼らは、スペイン人のことを、つぎのように書いている。

「彼らは、まるでサルのように金を奪った。彼らの顔は輝いていた。彼らの金に対する欲望は、限度のないものだった。彼らは金に飢えていた。彼らは金を切望していた。彼らは、まるでブタのように、金をからだのなかに詰め込みたいと思っていた。それで、彼らは、金の飾りものに手を出し、それを前後に動かして取り上げ自分のものにした。彼らは、仲間同士でぺちゃくちゃと、わけのわからぬことを話していた」

彼らは、このようにスペイン人たちの性質を見抜いていた。しかし、そのような観察は、自ら

を守るのには役に立たなかった。

一五一七年、メキシコの上空に大きな彗星が現れた。アステカ族の伝説に、こういうのがあった。それは、ケツァルコアトルというアステカ族の神が、いつの日か白いはだの人間となって東の海から戻ってくる、というのであった。

この伝説を信じていたモンテスマは、すぐに、彼の宮廷の占星術師たちを処刑した。なぜなら、彼らは、彗星の出現を予告していなかったし、その意味を説明していなかったからである。やがてやってくる災難を予感して、モンテスマは冷酷になり、ゆううつになっていた。

四〇〇人のヨーロッパ人と、彼らに協力する土着民たちの武装集団は、アステカ族の迷信とヨーロッパのすぐれた技術とに助けられて、一五二一年、高い文明を持つ一〇〇万人のアステカ族を完全に打ち負かし、彼らの都市を徹底的に破壊してしまった。

アステカ族の人たちは馬を見たことがなかった。新世界には馬がいなかった。彼らは武器を鉄では作らなかった。彼らは火薬を発明していなかった。しかし、彼らとスペイン人たちとの技術の差は、それほど大きくはなかった。おそらく、数世紀の差にすぎなかっただろう。

## 宇宙人は友好的か

私たちの社会は、銀河系のなかでもっとも遅れた技術社会に違いない。私たちよりもさらに遅れた社会があれば、そこには電波天文学はないだろう。

もし、地球上の異なる文化の悲しい出会いと同じことが、銀河系のなかでもふつうに起こって

いるとしたら、シェークスピアやバッハやフェルメールに対して、ゆきずりの敬意が表せられることはあったとしても、私たちはすでに破壊されてしまっていると思われる。
しかし、このようなことは起こっていない。おそらく、地球外の生物たちの意図するところは、コルテスではなくラペルースのように、徹底してやさしいものなのだろうか。
あるいは、UFOがきたとか、大昔に宇宙人がやってきたとかいう主張にもかかわらず、私たちの文明は、まだほかの世界の人たちに発見されていないのだろうか。
一方、「技術文明社会のうち、ほんの一部でも、高い技術や大量破壊兵器を持ちながら生き続ける方法を学んだとしたら、銀河系のなかには、おびただしい数の進歩した文明世界が存在するはずだ」ということを、私たちはすでに論じた。
私たちは、ゆっくりと飛ぶ恒星間宇宙探測器をすでに持っており、速く飛べる恒星間宇宙船を作ることを、人類のたしかな目標と考えている。
また一方、私たちは「宇宙人が地球にやってきたという、たしかな証拠はこれまでもなかったし、いまも、将来もないだろう」と主張している。これは矛盾してはいないのか。
地球にもっとも近い技術文明世界が、たとえば二〇〇光年離れたところにあるとして、その世界の人たちが光の速さに近いスピードで飛んできたとすれば、そこから地球までは二〇〇年しかかからない。
かりに、光の速さの一パーセントか〇・一パーセントで飛んだとしても、もっとも近い文明世界から地球までは二万年ないし二〇万年ぐらいで飛ぶことができる。それは、地球上に人間が現

れてから今日までの期間よりも短い。

彼らは、なぜ飛んでこないのだろうか。それに対する答えは数多く考えられる。アリスタルコスやコペルニクスの遺産には反することだが、「私たちが宇宙のなかで最初の文明だからだろう」というのも一つの答えである。とにかく、銀河系の歴史のなかには〝最初〟の技術社会というのが、なければならない。

また、自己破滅を起こさないような文明世界が、少なくともまれには存在する、という私たちの考えがまちがっているのだろう、というのも、もう一つの答えである。

光の速さよりずっと遅いスピードの飛行のさいにはけっして起こらない、想像もできないような問題が、恒星間宇宙の飛行のさいには現れるかもしれない。

あるいは、宇宙人たちは地球にやってきているけれども「銀河法」の規定か、発達しつつある文明には干渉しないという倫理かに従って、私たちの目につかないようにしているのかもしれない。私たちが寒天培養基のうえの細菌をみつめているように、彼らは好奇心をもって冷静に私たちを観察し、私たちがことしもまた自己破滅を避けうるかどうかを見ているのかもしれない。私たちは、そのように想像してみることもできる。

しかし、私たちが知っていることのすべてと矛盾しない、もう一つの説明もある。それはこうだ。もし、恒星間飛行のできる進歩した文明人たちが、ずっと昔に二〇〇光年のかなたに出現したとしても、もし彼らが地球にやってきたことがなければ、「地球には特別なものは何もないな」と考えたことだろう。それは当然のことだ。

人間の技術が産み出したものは、光の速さで飛ぶ電波でさえ、まだ二〇〇光年のところまで達してはいない。二〇〇光年のかなたの文明社会から見れば、近くの恒星系はすべて、探検するにしても移住するにしても、ともかく同じような魅力しか持たないことだろう。*

## 宇宙のなかにも技術格差

技術文明の社会が現れれば、その社会の人たちは、自分たちの惑星系を探検し、恒星間宇宙飛行の技術を開発するだろう。そして、近くの恒星の探検を、ゆっくりと試験的にやってみることだろう。

恒星のなかには、適当な惑星を持たないものもあるだろう。恒星のまわりの惑星が、すべてガスの巨大な塊か、ちっぽけな小惑星かだということもあるだろう。

もちろん、適当な惑星を従えている恒星もあるだろう。しかし、そのような惑星には、すでに

＊原注＝通信をかわすだけではなく、恒星へいってみようという動機には、いろいろなものがあるだろう。もし、私たちの太陽や近くの恒星が超新星の爆発を起こしそうだ、というようなことにでもなれば、恒星間宇宙飛行の大計画が、突然、魅力的なものになるだろう。もし、私たちが非常に進歩していて、銀河の中心核が近く爆発しそうだ、ということを発見すれば、ほかの銀河への飛行や銀河間宇宙飛行が真剣に検討されることだろう。このような宇宙の大激変は、かなりしばしば起こっているので、宇宙空間を放浪する文明人というものも、それほど珍しくはないのかもしれない。しかし、そうだとしても、彼らが地球にやってくる可能性は小さい。

別の生物が住んでいることもあるだろうし、大気が有毒であったり、気候がよくなかったり、ということもあるだろう。
多くの場合、移住者たちは、そのような世界を十分におとなしいものに変えなければならないだろう。私たちは、それを「惑星改造」と呼んでいるが、そのような大事業には時間がかかるだろう。
ときたま、そのままでも住める惑星がみつかり、植民地が作られるだろう。その惑星の資源を利用して、そこで新しい恒星間宇宙船を造れるようになるまでには時間がかかるだろう。しかし、やがて、第二世代の探検隊と移民団がその惑星を飛び立ち、まだだれもいったことのない恒星に向かうだろう。
このようにして、文明はゆっくりと、つる植物のように、ほかの世界へと広がってゆくだろう。それからさらに年月を経て、第三世代や第四世代の植民地が新しい世界に建設されているころ、それとは別に膨張しつつある別の文明世界が発見されることだろう。おそらく、おたがいの接触は、まず電波か、そのほかの遠隔通信手段でなされることだろう。
新しくやってきた文明人たちは、おそらく別の種類の植民地を建設していることだろう。二つの膨張しつつある文明世界は、おそらく必要とする惑星の条件が違っているので、おたがいに相手を無視することだろう。
彼らの膨張のすかし模様は、たがいにからみ合ってはいるが、しかし対立することはないだろう。彼らは、銀河系のなかの探検を共同で進めるかもしれない。地球の近くにもいくつかの文明

世界があって、すでに何百万年ものあいだ、別々に、あるいは協力して植民地建設を進めているかもしれない。しかし、彼らは、私たちのかすかな太陽系には気がつかないようである。

どの文明世界も、人口を制限しなければ、恒星間宇宙飛行ができるところまで生き延びることはできないだろう。ものすごい人口爆発を起こすような社会は、自らの惑星に住む人たちに食物を与えたり、面倒をみたりするのにエネルギーと技術のすべてをささげなければならなくなるだろう。この結論は非常にしっかりしたものであり、特定の文明世界の特別な性質に基づくものではない。

どの惑星においても、生物学的組織や社会的体制がどうであれ、人口がどんどんふえてゆけば、あらゆる資源が使いはたされることになるだろう。

逆に、恒星間宇宙の探検や移民をまじめにやっている文明世界は、すべて、何世代にもわたって人口の増加率をゼロかそれに近いものにしているに違いない。

しかし、人口増加率の低い文明世界の人たちがほかの多くの世界に移民するのには、かりに彼らが青々としたエデンの園に到達して、きびしい人口制限をゆるめたとしても、長い時間がかかるだろう。

私と、同僚のウィリアム・ニューマンとは、ほかの文明世界の人たちが植民地を建設するスピードを計算してみたことがある。いまから一〇〇万年ほど前に、地球から二〇〇光年離れたところに、宇宙飛行ができて、しかも人口増加率の低い文明世界が出現したとしよう。この世界の人たちは外へ向かって広がってゆき、途中に適当な惑星があれば植民地を開いてゆく。この場合、

この文明世界の調査船が私たちの太陽系にやってくるのは、ちょうどいまごろである。しかし、一〇〇万年というのは、非常に長い時間である。もし、地球にいちばん近い文明世界が、地球の文明社会よりも新しいものならば、彼らはまだ私たちのところに達していないだろう。半径が二〇〇光年の球のなかには、二〇万個の太陽があり、おそらく植民地を開けるような惑星も同じ数ほどあるだろう。私たちの太陽系のなかに固有の文明世界があることを彼らが発見するのは、ほかの二〇万個の惑星への移民をすませてからのことだろう。それが自然のなりゆきというものだ。

一〇〇万年の年月を経た文明世界とは、いったい、どういうものだろうか。私たちが電波望遠鏡や宇宙船を持ってから、まだ数十年しかたっていない。私たちが技術文明の時代にはいってからまだ数百年しかたっていない。現代的な形の科学的考えが生まれてからまだ数千年しかたっていない。一般的な文明が生まれてから一万年しかたっていないし、人類がこの地球上に現れてから数えて数百万年しかたっていない。

文明世界の技術が、いまの私たちの技術と同じような速さで進歩してゆくとすれば、進歩した文明世界が誕生して一〇〇万年たったときには、その世界は私たちの世界よりもはるかに先へ進んでいることだろう。その差は、私たちとキツネザルやニホンザルとの違いと同じくらいだろう。そのような文明世界の存在を、私たちは認識することができるだろうか。私たちより一〇〇万年も進んだ社会の人たちは、ほかの惑星への移民や、恒星間宇宙飛行などに興味を持っているだろうか。

人びとは、ある理由のために寿命が限られている。生物学と医学がものすごく進歩すれば、そ

の理由を発見し、適当な対策をとることができるようになるかもしれない。
　私たちがこれほど宇宙飛行に興味を持っているのは、それによって、私たちが寿命を超越し永遠のものとなれるからなのだろうか。死ぬことを知らない人たちで構成されている文明世界では、恒星間宇宙の探検などはもともと子供っぽいことだと考えられているのだろうか。
　恒星は広い宇宙のなかに数多くばらまかれているので、文明世界の人たちは、地球に到達するまえに、探検心を失ってしまうのか、あるいは、私たちの目には見えないような、なにものかに進化してしまうのかもしれない。
　空想科学小説やUFO文学に出てくる地球外の生物は、私たちとほぼ同じ能力を持っている。彼らは、違った種類の宇宙船や光線銃を持っている。空想科学小説の作家たちは、文明世界同士の戦争を書くのが好きだが、そのような戦争では、地球外の生物と私たちとはほぼ対等に戦うことになっている。
　しかし、実際には、銀河系のなかの二つの文明世界が同じレベルで関係しあうということは、ほとんどありえないことである。対決すれば、どちらかが、もう一方を徹底的に支配することになるのがつねである。
　一〇〇万年というのは、きわめて長い年月である。もし進歩した文明世界の人たちが私たちの太陽系にやってきたとしたら、私たちは、それについて、なにもすることができないだろう。
　彼らの科学と技術は、私たちのものよりも、はるかに進んでいるだろう。私たちが出会うかもしれない、進歩した文明世界の人たちが、何か悪意をもっていはしないかと心配してみても、な

んの役にも立たない。
しかし、彼らがそれほど長く生き延びることができたのは、彼らが自分たちの仲間のあいだや、ほかの文明人と仲よくやってゆく法を体得したからかもしれない。それは、大いにありうることだ。
地球外の文明人たちとの出会いを私たちが恐れるのは、私たちの後進性のあらわれにすぎないのかもしれない。私たちは、過去の歴史において、わずかばかり遅れた文明社会を破壊してきた。その罪の意識のゆえに、私たちは地球外の人たちとの出会いを恐れるのかもしれない。
私たちは、コロンブスとアラワク族（訳注＝南アメリカに住むインディアン）、コルテスとアステカ族のことを覚えているし、ラペルースとの出会いのあと何世代もたってからのトリンギット族の運命を覚えている。
私たちは覚えているから心配するのだ。しかし、恒星間宇宙の艦隊が私たちの空に現れたら、私たちは、彼らに対してきっと非常に親切にするだろう。私は、そう予言する。

**重ね書きの宇宙電報**

しかし、それとはまったく違った出会いになる可能性のほうが、はるかに強い。すでに論じたことだが、この場合、私たちは、おそらく電波によって、宇宙のほかの文明人たちから複雑なメッセージを豊富に受け取ることだろう。しかし、少なくともしばらくのあいだは、彼らと物理的には接触しない。

この場合、メッセージを送っている文明人たちは、私たちがそのメッセージを受信しているかどうかさえ知らない。もし、そのメッセージの内容が攻撃的なものであったり、ぎょっとするようなものであったら、私たちは返事をする必要はない。しかし、もしそのメッセージのなかに貴重な情報が含まれているならば、私たち自身の文明におよぼす影響は驚くべきものとなるだろう。異なる世界の科学、技術、芸術、音楽、政治、倫理、哲学、宗教、そのほかほとんどすべてのことを私たちは知ることができ、人類の視野は大きく広がることだろう。私たちは、ほかにどのようなことが可能であるかを知ることになるのである。

科学的な思考法や数学的な思考法は、私たちのものも、ほかの文明世界のものも同じだろう。だから、恒星間宇宙のメッセージを理解することは、きわめて容易なことだろう、と私は信じている。しかし、地球以外の知的生物を探しだすための予算を計上するようにと、アメリカの議会やソビエトの閣僚会議を説得することは、むずかしいことである。*

事実、文明世界は二つの大きな型に分類することができる。一つは、その惑星以外の知的生物を探し出す計画を認めてくれるようにと、科学者でない人たちを説得することのできない世界で

＊原注＝ほかの国家機関の場合も同様である。一九七八年二月二六日に、ロンドンの『オブザーバー』紙が報じたイギリス国防省スポークスマンの、つぎの発表について考えていただきたい。「宇宙から発信されたメッセージは、すべてＢＢＣ（イギリス国営放送）と郵政省の責任である。不法な放送を見つけ出すことは彼らの責任なのだ」。

ある。そのような世界では、エネルギーは内部へだけ向けられ、ありきたりの考え方がいつまでも改革されない。そして、そのような世界はよろめきつつ、恒星から遠ざかってゆく。

もう一つの型の世界では、ほかの文明人との接触という大きな目標を多くの人が支持し、大がかりな探測計画が進められる。

人間のやることで、失敗もまた成功であるという事業は少ないが、この文明世界探測計画は、そのような事業の一つである。

もし私たちが、地球以外の天体からくる電波を、数百万個の星について力強く探測したとして、なにも聞くことができなかったならば、私たちは、銀河系のなかには、文明世界はほとんどないと結論することになるだろう。それは、宇宙のなかにおける私たちの位置を知ることでもある。それは、私たちの惑星・地球のうえに住む生物たちが、どれほど珍しいものであるかを、雄弁に物語ることだろう。そして、人間の歴史においては、個々の人間ほど価値の高いものはほかにない、ということを強調することになるだろう。

もし、私たちがほかの文明人からの電波の受信に成功すれば、人類と地球の歴史は、永久に変わってくることだろう。

地球以外の文明人たちが、人工的な恒星間メッセージとはっきりわかるような信号を作ることは容易である。たとえば、最初の一〇個の素数、つまり、1とその数自身以外では割れない数（1、2、3、5、7、11、13、17、19、23）を発信するのである。自然の物理的現象で、素数しか含まない電波信号が発生するなどということは、ほとんどありえない。

もし、私たちがそのようなメッセージを受け取ったら、そこに素数の好きな文明人がいる、と私たちは考えることだろう。

しかし、もっともありそうな恒星間通信は、重ね書きのようなものであろう。古代の作家たちは、パピルスや石が足りなかったので、すでに文字の書かれているパピルスなどに、新しい文字を重ねて書いた。おそらく、すぐとなりの周波数帯か、同じ周波数の場合は速いタイミングで別なメッセージが送られてくる。それは、手引きであることがわかるだろう。恒星間宇宙の演説の、言葉の入門書なのである。

この手引きは、何度も何度もくり返されるだろう。そのメッセージを送っている文明人たちは、私たちがいつスイッチを入れてそのメッセージを聞きはじめるか、知りようがないからである。

そして、重ね書きの奥深いところ、あいさつの信号と手引書の下に、ほんとうのメッセージがあるだろう。電波技術は、このようなメッセージを、信じられないほど豊かなものにすることができる。私たちがスイッチを入れたときには、ちょうど「銀河百科事典（エンサイクロペディア・ガラクティカ）」の三二六七巻の内容が送られてきているところかもしれない。

**子孫に引き継ぐ恒星間対話**

私たちは、ほかの文明がどんな性質のものであるかを発見するだろう。文明世界はたくさんあり、それぞれが、地球の生物とは驚くほど違った生きものによって構成されていることだろう。彼らは、宇宙をいくらか違ったように見ていることだろう。彼らは、違った芸術や社会的機能を

持っていることだろう。

彼らは、私たちが考えもしなかったようなものに関心を寄せていることだろう。私たちの知識と彼らのそれとを比べることによって、私たちは、測り知れないほど成長するだろう。

私たちは、新しく得た情報を分類してコンピューターの記憶装置に入れておく。そうすれば、銀河系のどこに、どのような種類の文明社会があるかを、私たちは知ることができるだろう。

巨大な銀河系のコンピューターを想像していただきたい。そのなかには、銀河系のなかの、あらゆる文明世界の性質や活動に関する最新の情報が貯えられている。それは、宇宙の生物についての巨大な図書館である。おそらく「銀河百科事典」のなかには、このような文明社会についての、要約した情報が含まれていることだろう。その情報は、私たちが翻訳したあとでも、なぞに満ち、私たちの気をそそり、私たちを刺激することだろう。

つまるところ、私たちは、好きなだけの時間をかけて検討したのち、返事をしようと決心するだろう。私たちは、まず、最初の基本的な情報として、自分たち自身に関する情報を発信する。それは、長い恒星間対話のはじまりである。

しかし、たとえ対話を始めたとしても、恒星間宇宙の距離は遠く、光の速度は有限なので、その対話は、私たちのはるかな子孫へと引き継がなければならない。そして、はるかかなたの恒星のまわりの惑星に住む、私たちとはまるで違った形の文明人が「銀河百科事典」の最新版の一部を送信してほしいと頼んでくるかもしれない。それによって、その文明人たちは銀河系の最新の文明人社会についていくらかの知識を得て、自らもその社会に参加することだろう。

# 13　地球のために

「私の目の前に死や奴隷がいつもあるのに、なんのために私は星の秘密を探そうと苦労しなければならないのか」

——アナクシメネスがピタゴラスにたずねた質問（西暦紀元前六世紀ごろ）、モンテーニュによる

「これらの天体は非常に大きいに違いない。この地球は、私たちの力強い計画、航海、戦争などがすべて行われる舞台であるが、それらの天体に比べれば、地球は、とるにたらないものである。王や王子たちは、この狭い場所のあわれな片すみの主人公でありたいという野心のために、数多くの人たちの生命を犠牲にしている。そのような王や王子たちにとって、このことを考え反省してみることは、非常に似つかわしいことである」

——クリスチアヌス・ホイヘンス『惑星世界とその住人ならびに産物に関する新しい考察』（一六九〇年ごろ）

「私たちの父・太陽は言った。わしは全世界に光と輝きとを与える。人びとが寒いときには暖めてやり、野には果実をみのらせ、牛には子を作らせる。毎日、わしは世界をめぐり、人びとの必

要とするものをよく調べ、その必要を満たしてやる。わしを手本にせよ、と」
――インカの神話（ガルシラソ・デ・ラ・ベガの王室記録から）一五五六年

「何百万年、何億年という歳月を振り返ってみると、潮の満ち干のあいだの、どろどろしたところで、いろいろな形の、いろいろな力をもった動物たちが、生きようという強い意志をもって闘っているのを見ることだろう。あるものは、はって陸地にあがり、それから自信をもって陸地を歩くだろう。何世代ものあいだ闘い続けて空気をわがものとするものもあれば、深い海の暗いところへはいって行くものもある。私たちは、それらの生物が、渇きと飢えのために自らの形を変え、新しく生まれ変わるのを見るだろう。そして、それらがしだいに私たちに近づき似てくるのを見るだろう。それは大きくなり、精密になり、信じられないような残忍な目的を追求しながら、ついに私たちになる。その生命は、私たちの脳や動脈のなかで脈打っている。……過去のすべては、はじめのはじめにすぎず、過去も現在も、明けがたの薄あかりにすぎない、と私たちは信じることができる。人間の心がこれまでになしとげたことのすべては、目ざめる前の夢にすぎないと信じることもできる。……私たちの血統のなかから心が飛び出し、私たちの小さなからだのなかに戻ってきて、私たちが自分のことを知っている以上に、私たちのことを知るのである。無限に続く毎日だが、いつか、偉大な生物が現れる日がくるだろう。その生物は、私たちの考えのなかにひそんでおり、私たちの腰のなかに隠れているが、いつの日か立ち現れて、私たちが足台のうえに立つように地球の上に立って笑い、星たちのまんなかに手を伸ばすことだろう」

――H・G・ウェルズ『未来の発見』（ネイチャー六五、三二六）一九〇二年

## 自己破滅の核戦争

宇宙が発見されたのは、ついきのうのことである。一〇〇万年ほどのあいだ「地球のほかには、どんな世界もない」ということが、だれにとっても明らかなことだった。

しかし、人類が地球上に現れてから今日までの年数の、最後の〇・一パーセントにあたる期間に、つまり、アリスタルコスから今日までのあいだに、私たちは、いやいやながら、私たちが宇宙の中心にいるのでもなく、宇宙が私たちのためにあるのでもないことに気がついた。私たちは、どちらかといえば小さなこわれやすい世界に住んでいる。私たちの世界は、広大な空間と永遠の時間のなかをさまよっている。宇宙の大きな海には、あちこちに何千億個もの銀河が散らばり、一兆の一〇〇億倍もの恒星が散らばっている。そして、私たちの世界は、その大きな海のなかを漂っている。

私たちは大胆にその海の水をとって調べ、その海が私たちの好みに合っており、私たちの性質と共鳴するものであることを発見した。

私たちのなかの何かが、「宇宙は私たちのふるさとである」ことを認めるのである。私たちは星の灰でできている。私たちの起源や進化は、はるかかなたの宇宙の出来事と結びついている。宇宙の探検は、自己発見の旅である。

古代の神話作者は、私たちが天と地の子供であることを知っていた。私たちは、この地球上に住むようになってから、進化の危険なお荷物をかかえ込んでしまった。

それは、攻撃欲や儀式欲、指導者に屈服することや、外部の人に敵意を持つことなどの、遺伝的性質である。そのような性質のために、私たちが今後も生き延びられるかどうかが、いささか疑問となっている。

しかしながら、私たちは他人に対する同情心や自分の子供や孫に対する愛情、歴史に学ぶ気持ち、偉大で高い情熱的な知能も持っている。これらは、私たちが今後も生き延び繁栄し続けるための明らかな道具である。

私たちの性質のどの側面が優勢となるのかは、わからない。特に、私たちの視野や理解や展望が、地球だけに、いや、地球のほんの一部の小さな地域だけに限られているときには、私たちの性質のどの側面が勝つのかわからない。

しかし、広大な宇宙では、逃げることのできない展望が私たちを待っている。地球のほかにも知的な生物がいる、という証拠は、まだ一つもない。したがって、私たちのような文明人は、いつも、容赦なく無鉄砲に自己破滅へと突き進んでゆくのかどうか、私たちは疑問に思うのである。

私たちが宇宙から地球を見るときには、国境線は明らかではない。私たちの惑星・地球が、青い弱々しい三日月となり、しだいに小さくなって、恒星の城やとりでを背景に、目立たない小さな光の点となってゆくのを見れば、狂信的な民族的、宗教的、国家的排他主義を信じることは、いささかむずかしくなってくるだろう。旅をすれば、視野が広がるものである。

生命が一度も誕生したことのない惑星もある。宇宙の大破局のために黒こげになり、廃墟となった惑星もある。私たちは幸運だった。私たちは生きており、私たちには力がある。私たちの文明と、私たちの人類の運命は、私たちの手ににぎられている。
もし私たちが地球のために話さなかったら、だれが話すのか。人類が生き延びることについて、もし私たちが努力しなければ、いったいだれが努力してくれるのだろうか。
人類はいま偉大な事業に手をつけている。もし成功すれば、それは、私たちの祖先が海から陸にあがったのや、木から降りたのと同じくらいに重大な出来事となるだろう。私たちは、ためらいながら、おそるおそる地球の足かせを断ち切ろうとしている。
たとえていえば、私たちの脳の原始的な部分を抑えたりなだめたりしながら、そして物理的には、惑星へ旅し、星からのメッセージに耳を傾けようとしながら、私たちは地球の束縛から逃れようとしているのだ。
いまあげた二つの企ては、不可分に結びついている。おたがいに、一方は他方の必要条件なのである。しかし、私たちのエネルギーは、そのような企てよりも、はるかに戦争のほうに向けられている。
相互不信の催眠術にかかり、人類全体のことや地球のことはほとんど考えずに、国家は死のための準備にやっきとなっている。そして、自分たちがしていることが、あまりに恐ろしいことなので、私たちは、そのことをあまり考えまいとしている。しかし、よく考えないで正しい道を選ぶことなど、できるはずはない。

すべての思索家たちが核戦争を恐れている。しかし、技術を持つすべての国が核戦争を計画している。だれもが、それは気違いじみたことだと知っている。しかし、すべての国が言い逃れの口実を持っている。そこには原因と結果の悲しい鎖がある。第二次世界大戦がはじまったとき、ドイツ人たちは、原子爆弾を作ろうとしていた。それで、アメリカ人たちは、それを最初に作らなければならなかった。もしアメリカがそれを持てば、ソビエトも持たなければならず、イギリスも、フランスも、中国も、インドも、そしてパキスタンも持たなければならない。二〇世紀の末までには、数多くの国が核兵器を持つだろう。それは、簡単に作ることができる。核分裂性物質は、原子炉から盗んでくればよい。核兵器は、いまや家内工業の手芸品みたいになってしまった。

第二次世界大戦で使われた在来型の爆弾は「大型高性能爆弾」と呼ばれた。それは、二〇トンのTNT爆薬を詰めたもので、都市の一区画を破壊することができた。

一九三九年から四五年にかけての第二次世界大戦中に、コベントリー（イギリス）やロッテルダム、ドレスデン（ドイツ）、東京などに落とされた爆弾は、およそ二〇〇万トン（二メガトンともいう）に達した。それは、空から降ってくる死の雨であった。大型高性能爆弾一〇万発、二メガトンが落とされたのである。

しかし、二〇世紀も終わりに近い今日、二メガトンというのは、ありふれた水素爆弾一発の爆発で放出されるエネルギーである。つまり、一発の爆弾が、第二次世界大戦で使われた一〇万発の大型高性能爆弾に相当する破壊力を持っている。

しかも、そのような核兵器が何万発も貯えられている。一九八〇年代には、アメリカとソビエトの戦略ミサイルと爆撃機とは一万五〇〇〇カ所以上の攻撃目標にねらいをつけている。地球上のどこも安全な場所はない。

これらの核兵器に貯えられたエネルギーは、死の魔神である。それらは、ランプの火を吹き消そうと、忍耐強く待っている。その破壊力は、なんと一万メガトン以上である。

第二次世界大戦は六年続いたが、核兵器のエネルギーは効率よく集中されているので、六年といわず、わずか数時間のうちに、地球上のすべての家庭の頭上に大型高性能爆弾を一つずつ落とすことができる。第二次世界大戦と同じことは、わずか一秒で終わる。それは、けだるい午後のひとときのうちに終わってしまうのである。

## 一〇〇万個の広島原爆

核攻撃の直接的な死因は爆風である。それは、何キロも離れたところにあるがんじょうな鉄筋コンクリートのビルさえも倒してしまう。そのうえ、火のあらしと、ガンマ線と中性子線とが、通りがかりの人たちのからだのなかを焼きこがしてしまう。

広島に落とされたアメリカの原子爆弾は、第二次世界大戦を終わらせるきっかけとなったが、広島で被爆して生き残った小学生の女の子が、つぎのような、なまなましい手記を書いている。

「地獄の底のような暗いところで、私は、ほかの子供たちがお母さんを呼んでいる声を聞きまし

た。橋のたもとに掘られた大きな貯水池のなかでは、ひとりのお母さんが、全身まっ赤に焼けただれた裸の赤ちゃんを、自分の頭よりも高くささげて泣いていました。もうひとりのお母さんは、声をあげて泣きながら、焼けただれた自分のおっぱいを赤ちゃんにふくませていました。貯水池のなかには、水面から首と手だけを出している生徒たちがいました。みんな手を合わせ、大きな声で泣きながら『お父さーん』『お母さーん』と叫んでいました。しかし、そばを通る人たちは、みんな、ひとり残らず傷ついていました。そして、だれも、だれひとり助けてくれようとはしませんでした。だれの髪の毛も焼けちぢれ、白っぽくホコリをかぶっていました。みんな人間のようではありませんでした。この世の生きものとは、とても思えませんでした」

広島の原子爆弾は、長崎のとは違って空中の高いところで爆発したので、死の灰はあまり多くはなかった。

しかし、一九五四年三月一日にマーシャル諸島のビキニ環礁で行われた水素爆弾の実験では、予想よりも大きいエネルギーが発生した。一五〇キロほど離れた小さな環礁のランゲロップ島に放射能の灰が大量に降った。島の住民たちは、その爆発をみて、太陽が西からのぼったかと思ったそうである。

そして、その数時間後に、放射能の灰が雪のように降ったという。住民たちが受けた放射線は、平均して一七五ラドであった。これは、ふつうの人を殺す線量の半分よりもすこし少ないくらいであった。

爆発地点から離れていたおかげで、それほど多くの人は死ななかった。しかし、放射性のストロンチウム九〇は彼らの骨のなかに蓄積し、放射性のヨードは彼らの甲状腺のなかに蓄積した。子供たちの三分の二、おとなたちの三分の一は、のちになって甲状腺異常や、成長の遅れ、がんなどの症状を示した。その補償として、マーシャル諸島の人たちは、専門家による治療を受けた。広島に落とされた原子爆弾の爆発力は、わずか一三キロトンであった。それは、TNT爆薬の一万三〇〇〇トンに相当する爆発力である。ビキニで実験された水素爆弾の爆発力は一五メガトンであった。

核戦争の激しい発作が起こって、すべての核兵器が使われると、一〇〇万個の広島原爆が全世界に落とされたのと同じことになる。広島では一〇万人ほどの人が一三キロトンの原子爆弾で殺されたが、その率でいくと、全面核戦争のさいには一〇〇〇億人が殺されることになってしまう。しかし、二〇世紀後半の今日、地球上には五〇億人以下の人しかいない。

もちろん、このような全面核戦争のさいには、すべての人が爆風や熱風によって殺されるわけではない。放射線や死の灰で死ぬのだ。そして、死の灰は、長いあいだ放射線を出し続ける。ストロンチウム九〇の九〇パーセントが崩壊するのには約九五年、セシウム一三七だと約一〇〇年、ヨード一三一だと約一カ月かかる。

生き残った人たちは、戦争のもっと微妙な効果をみることになるだろう。全面核戦争は大気圏上層部の窒素を焼いてしまう。それは酸化窒素となる。そして、大気圏上層部にあるオゾン層のかなりの部分が、その酸化窒素によって破壊されることになる。すると、太陽の強い紫外線がオ

ゾン層で吸収されずに、そのまま地表に達する。強烈な紫外線の照射は何年も続くだろう。それは、とくに白人たちに皮膚がんを引き起こすだろう。

もっと重要なことは、地球の生態系に変化が生じることだが、どのような変化が起こるかは、わかっていない。紫外線は作物も枯らすだろう。多くの微生物が殺されるだろう。どの微生物が、どの程度殺され、その結果なにが起こるか、といったことは、まだわかっていない。

私たちの知る限り、殺される微生物は、巨大な生態系ピラミッドの基盤をなすものである。私たち人間は、そのピラミッドのてっぺんに、ふらつきながら立っているのだ。

全面核戦争によって空中に噴き上げられるホコリは、太陽光線を反射し、地球をすこしばかり冷たくするだろう。気温がすこし下がっただけでも、農業は壊滅的な打撃を受けるだろう。

鳥は虫よりも放射線に弱く、死にやすい。虫害がはびこり、農業の混乱はさらに激しくなるだろう。そういうことが核戦争の結果として起こると思われる。

心配しなければならないのは、伝染病である。病原菌は世界中に存在する。しかし、二〇世紀の後半には、人間は伝染病ではそれほど多くは死ななくなった。それは病原菌がいなくなったからではなく、病気に対する抵抗力が強くなったからである。

だが、核戦争の放射線は、私たちのからだの免疫システムを弱らせ、病気に対する私たちの抵抗力を弱くする。長期的には突然変異も起こり、微生物や虫の新種が現れる。それは、核戦争の大虐殺を免れた人たちにとって、大きな問題となるだろう。しばらくすると、劣性の突然変異を持つ遺伝子が結合して、結果が表面に現れるようになってくる。すると、人間の恐るべき新種が

出現するだろう。突然変異の多くは、表面に現れると致死的だ。したがって新種の人間の多くは生きていないだろう。しかし、なかには生きている人もあるだろう。

ほかにも苦しみがあるだろう。愛する人を失ったり、焼かれた人、失明した人、手足をもぎ取られた人たちが群れをなし、伝染病がはやり、長寿命の放射性物質が空気や水にまじり、がんにかかる恐れがあり、子供は死んで生まれたり、奇形になったり、治療を受けることもできず……、なんのために文明を破壊したのか、というやるせない気持ちと、防ぐ方法を知っていながら防がなかったという思いと。

## 戦争の規模を示すM

イギリスの気象学者L・F・リチャードソンは戦争に興味を持った。彼は、戦争の原因を知りたいと思った。戦争と気象とは、知的に似ているのだ。どちらも複雑である。どちらも残酷な力を持っているが、どちらも理解し制御することができる自然現象なのだ。

全地球の気象を理解するためには、まず大量の気象データを集めなければならない。気象が実

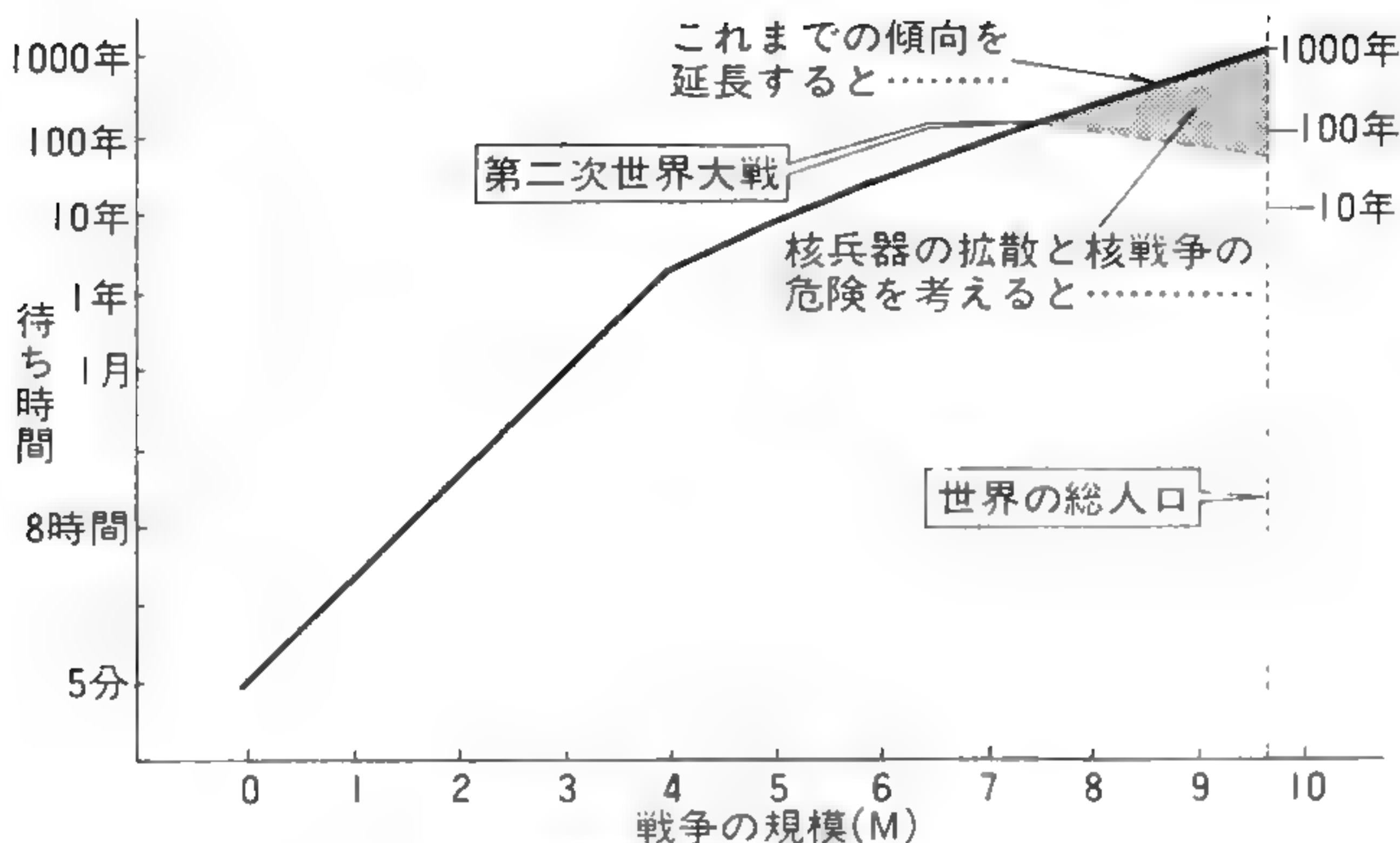
*原注＝この現象は、スプレーに使われているフロンガスがオゾン層を破壊するのに似ている。フロンガスの使用は多くの国で禁じられている。しかし、全面核戦争によるオゾン層の破壊のほうが、それよりもはるかに危険である。また、この現象は、数十光年離れたところで超新星の爆発があって恐竜たちが絶滅した、という説明のさいにあげた現象にも似ている。

際にどう変化するかを発見しなければならない。戦争を理解する場合も、やりかたは同じに違いない、とリチャードソンは考えた。それで、彼は、酷使されているこの地球のうえで、一八二〇年から一九四五年までに起こった数百回の戦争についてデータを集めた。

リチャードソンの集めたものは、彼の死後『致命的な争いの統計』という題の本として出版された。彼は、特定の数の犠牲者を出すような戦争は、何年おきに起こるか、ということに興味を持った。そのため、彼は、戦争の規模を示す指数として「M」を定めた。それは、その戦争が直接の原因となって死んだ人の数で表す。

たとえば、Mが3という戦争は、小競り合い程度のものである。この戦争では、一〇の三乗、つまり一〇〇〇人の人間が死ぬだけである。Mが5とか6とかいう戦争は、かなり激しい。その戦争では一〇万人（一〇の五乗）または一〇〇万人（一〇の六乗）の人が殺される。第一次世界大戦と第二次世界大戦とは、もっと大規模な戦争だった。

殺される人が多ければ多いほど、つまり、その戦争が大規模であればあるほど、それは起こりにくく、そのような戦争を目撃するためには、長い年月待たなければならない、ということを、彼は発見した。猛烈な台風は、どしゃぶりの雨のようには、しばしばはやってこないのと、よく似ている。彼は、自ら集めたデータを使ってグラフを作った。そのグラフは、過去一世紀半のあいだ、ある規模（M）の戦争が起こるまでに、何年待たなければならなかったかを示している。

リチャードソンは、このグラフの曲線をMがゼロになるまで、どんどん伸ばしていってみたら、どうなるだろうかと考えた。Mがゼロということは、一〇のゼロ乗、つまり一である。死者一人

人類絶滅までの待ち時間

の争いということであり、世界中で殺人の起こる割合を大まかに予測することになる。その結果は五分である。世界のどこかで五分おきに、だれかが殺されていることになる。

彼によれば、個人的な殺人と、最大規模の戦争とは、連続した出来事の両端であり、グラフの曲線に切れ目はないという。それはつまらぬ意味ではなく、非常に深い心理学的意味において、戦争は大規模な殺人である、ということなのだ。私もそう信じる。

私たちの暮らしがおびやかされたり、自分自身に対する幻想が侵されたりすると、私たちは、いや、少なくとも私たちの一部は、相手を殺してやりたいほどの怒りを感じる。

同じような挑発が国家に対して加えられたときにも、人びとは、ときどき、相手を殺したいほどの怒りを感じる、その怒りは、しばしば、個人的な権力や利益を求めようとする人たちによってあ

おり立てられる。

しかし、殺人の技術が進歩し、戦争の被害が大きくなってきたので、大きな戦争を起こすためには、きわめて多くの人たちに同時に、相手を殺したいほどの怒りを感じさせなければならない。マスコミの機関は、しばしば国家の手に握られているので、このような怒りも、容易にかもしだすことができる。（核戦争は例外である。それは、きわめてわずかな人たちだけで起こすことができる）

## 核戦争の恐怖の均衡

そこには、私たちの激情と、よい性質としばしば呼ばれているものとの間の対立がある。人を殺したいほどの怒りは、私たちの脳の奥深くにある、大昔の爬虫類の脳・R領域が引き起こすものだ。もっと最近になって発達した、哺乳類と人間の脳である辺縁系や大脳皮質と、そのR領域とのあいだには対立がある。

人間が小さなグループで暮らしていて、武器も貧弱だったころには、怒った戦士がいても、わずかな人を殺せるだけだった。しかし、私たちの技術が進歩するにつれて、私たちの戦争の道具も進歩した。その同じ短い期間に私たち自身も進歩した。私たちは、怒りや欲求不満や失望を理性で抑えてきた。

不正は、ごく最近、全地球的となり、あちこちで起こるようになったが、私たちは、全地球的な規模でそのような不正を改めてきた。

しかし、いまの武器は、何十億人をも殺すことができる。私たちは、十分に速く、自分自身を改善してきただろうか。私たちは、勇敢に戦争の原因を研究してきただろうか。

核抑止戦略と呼ばれるものは、私たちの先祖がまだ人間にならないころのふるまいを基盤としている。現代の政治家ヘンリー・キッシンジャーは、こう書いている。

「抑止力は、とりわけ心理的なものを基盤としている。抑止の目的には、ほんとうかと思われるような、見せかけの脅しのほうが、こけおどしと解釈されるようなほんとうの脅迫よりも効果がある」

ほんとうに効果のある核の脅迫を行うためには、しかし、核戦争の恐怖を感じないかのような、狂気の姿勢をときどきとらなければならない。そうすれば、仮想敵国は、相手国のそのような狂気のために全地球的な対決に発展するのではないかと恐れて、論争中の問題に関して譲歩することになるだろう。

このような狂気のポーズをとって成功すれば、それは非常によいことに違いない。しかし、しばらくすると、相手はそのようなポーズに慣れてしまって、それは、もはやこけおどしにはならなくなる。そうなると、非常に危険である。

全地球的な恐怖の均衡は、アメリカとソビエトとが最初に作り出したものだが、それは地球上の全市民を人質にしている。

相手側の行動をどこまで許すか、ということが一つの境界線となる。仮想敵国がその境界線を越えれば、核戦争が始まる。しかし、この境界線は、時々刻々と変わるものである。どちら側も、相手が新しい境界線を理解していると、ほんとうに自信を持っていなければならない。どちら側も軍事的な利益をふやしたいという誘惑を感じるだろう。しかし、相手側に対して重大な警告となるような、目立つ方法でそれをやってはいけない。

どちら側も、相手がどこまで許してくれるか、という境界線を、たえず探っていなければならない。たとえば、核兵器を積んだ爆撃機が北極の上を飛ぶとか、キューバのミサイル危機、衛星攻撃兵器のテスト、ベトナム戦争、アフガニスタン侵攻とかは、相手をためすための、数多くの悲しい出来事の一部である。

全地球的な恐怖の均衡は、まことに微妙なものである。それは、ものごとが悪いほうへ進まないこと、だれも誤りをおかさないこと、爬虫類的な激情がほんとうにかき立てられないこと、といったことを基盤とした均衡である。

### 人類絶滅の日はいつか

ここで、もう一度、リチャードソンの研究に戻ろう。グラフのなかの実線は、Mという規模の戦争が起こるまでの待ち時間を示している。

それは、一〇のM乗人、つまり一のあとにゼロがM個つく数の人間が殺されるような戦争を目撃するためには、平均して何年待たなければならないか、を示している。

グラフの右側の垂直な点線は、近年の世界の人口を示している。それは、一八三五年ごろに一〇億（M＝九）に達した。そして、現在は約四五億（M＝九・七）である。
リチャードソンのグラフの実線が、垂直な点線と交わるところが、「人類絶滅の日」までの待ち時間である。大戦争によって、地球上のすべての人間が殺されるまでに、あと何年あるのだろうか。
リチャードソンのグラフの実線を伸ばし、将来の人口増加を単純に見積もって点線を引いてみると、その二つは、三〇世紀になるまで交わらないことがわかる。「人類絶滅の日」は、まだ先のことである。
しかし、第二次世界大戦の規模はM七・七であった。つまり、約五〇〇〇万人の軍人と非戦闘員とが殺された。殺人の技術は、いやというほど進歩し、核兵器もはじめて使われた。その後、戦争の動機や、戦争を好む傾向が減ったと思われる兆候はほとんどなく、在来兵器と核兵器とは、もっとはるかに恐ろしいものとなった。
したがって、リチャードソンの実線の上端は、下へ下へと動きつつある。どれだけ下がったかはわからないが、もし、グラフの斜線を施した部分だけ下がっているとすれば「人類絶滅の日」まで、あと数十年しかないことになる。一九四五年の前と後の戦争について、もっとくわしい比較をすれば、この問題は、はっきりしてくるだろう。これは、行きずりに関心を示す程度ですませてよい問題ではない。
これは、今後の数十年間に関して私たちがすでに知っていることを、別の言葉で述べたにすぎ

ない。核兵器とその運搬手段の開発は、遅かれ早かれ、全地球的な惨事をもたらすのである。

最初の原子爆弾を開発したのは、アメリカの科学者と、ヨーロッパからアメリカへ亡命してきた科学者たちだった。彼らの多くは、この世界に悪魔を解き放ったことを、深く嘆いた。彼らは、全地球的な核兵器の廃絶を願った。しかし、彼らの願いは無視された。戦略的に有利な立場に立てるという見通しが、アメリカとソビエトとを興奮させ、核兵器競争がはじまった。

核兵器でない武器は、はずかしそうに「在来兵器」と呼ばれているが、同じころ、そのような在来兵器の、恐ろしい国際貿易が芽ばえはじめていた。

インフレを考えて修正した数字で示すと、過去二五年のあいだに、武器貿易の総額は、三億ドルから二〇〇億ドル以上にふえた。一九五〇年から六八年にかけては、よい統計が利用できると思われるが、核兵器を含む事故が、毎年、世界のどこかで、平均して数回起こっている。しかし、さいわいなことに、事故による核爆発はこれまでに、一、二回しか起こっていないようである。

ソビエトやアメリカ、その他の国の兵器工業界は、大きく、しかも強力である。アメリカの場合、兵器工業界には、楽しい家庭用品のメーカーとして有名な大会社も含まれている。ある推定によると、兵器の生産による会社の利益は、技術的に同じレベルの民需品に比べて三〇パーセントから五〇パーセントも大きいという。民需品は市場で他社と競争しなければならないから、利益が薄くなるのである。また、兵器の場合は、民間ではけっして許されないような規模の経費の超過が認められている。

ソビエトでは、兵器の生産と民需品の生産とのあいだには、資材の割り当て、品質管理、注意

の払い方、面倒の見方などの点で、驚くほどの格差があり、民需品の生産はほとんどかえりみられていない。

ある推定によると、地球上の科学者と高級技術者の半分ほどが、フル・タイムかパート・タイムで軍事問題に関係しているという。また、大量破壊兵器の開発と生産にたずさわっている人たちは、それぞれの社会のなかで最高の月給や権力を与えられ、場合によっては社会的な尊敬もかち得ている。

兵器開発の秘密は、とくにソビエトの場合は、ものすごくきびしく守られている。それは、「開発にたずさわっている個々の人間は、自分のやっていることに、ほとんど責任を感じなくてもよい」ということを意味している。彼らは保護されており、名前は隠されている。軍事機密というもののために、どこの国でも、軍隊というものは、市民たちが知ろうとしても、知ることは、きわめて困難である。

軍人たちが何をしているかを、もし私たちが知らなければ、彼らがすることを止めることはきわめてむずかしい。兵器生産の報酬はきわめて大きく、敵対する軍隊は、おたがいに、いまわしい相互刺激の関係でもたれあっている。このような状況のもとで、世界は、人類の究極的な破滅の方向へと漂流して行きつつある。

すべての大国が、大量破壊兵器の調達や蓄積を正当化する口実を持ち、それを広く宣伝している。その口実のなかには、（自分たちのことはタナに上げておいて）仮想敵国の人たちの性格のなかには爬虫類の名残や文化的な欠陥があるとか、自分たちはそうではないが、仮想敵国は世界

制覇の野望をもっている、とかいうのがある。

どこの国にも、禁止条項というものがあり、その国の市民や味方は、どんなことがあっても、そのようなことを、まじめに考えてはいけないことになっている。ソビエトの禁止条項には、資本主義、神、国家主権の屈服などが含まれており、アメリカの禁止条項には、社会主義、無神論、国家主権の屈服などが含まれている。このような禁止条項は、世界中のどこの国にもある。

私たちは、全地球的な軍備拡張競争のことを、地球の外の冷静な観察者に、なんと説明したらよいのだろうか。ごく最近の、均衡を破るような攻撃用衛星、粒子線兵器、レーザー兵器、中性子爆弾、巡航ミサイルなどの開発を、どう正当化すればよいのだろうか。また、中程度の国ぐらいの陸地を改良し、大陸間弾道弾を、数百個のおとりのミサイルとともに隠すという、ごく最近提案された計画を、どう正当化したらよいのだろうか。

それとも、目標にねらいをつけた一万個もの核兵器は、人類が生き延びる可能性を強めるものだと主張すればよいのだろうか。

私たちは、地球をどのように管理していると説明すればよいのだろうか。私たちは、核超大国の言い分を聞いたことがある。国家のために主張する人たちを私たちは知っている。しかし、だれが人類のために主張するのか。だれが地球のために話すのか。

## 重大な課題に直面する人類

人間の脳の質量の三分の二は、大脳皮質に集まっており、そこが、直観と理性とをつかさどっ

ている。人間は、群居性・集団性の動物として進化してきた。私たちは、ほかの人たちといっしょにいると楽しいし、私たちは、おたがいに世話をやきあう。私たちは力を合わせる。利他主義は、私たちのなかに組み込まれている。

私たちは、自然の法則のいくつかを、みごとに解読した。私たちは、いっしょに仕事をしようという動機を十分に持ち合わせており、どのようにして仕事をするかを考え出す能力も持っている。

もし、私たちが、核戦争のことを考え、いまでき始めたばかりの全地球的な社会の、全面的な破壊を考えたいと思うのなら、私たちは私たちの社会の全面的な再構築についても考えるべきではないのか。

地球以外のところからみると、私たちの地球文明は、いまきわめて重要な課題に直面していることがわかる。私たちは、その問題の解決に失敗するかどうかの瀬戸際に立たされている。その課題とは、地球上に住む人たちの生命と福祉とを守ることである。

私たちは、すべての国において、ものごとの伝統的な進め方の大変革や、経済、政治、社会、宗教などの制度の根本的な再設計を強力に進めるべきではないのか。

核戦争の危険は、心の平静さをかき乱すものである。そのため、私たちはいつも、この重大な問題を逆に軽く見ようとしがちである。私たちは「人類絶滅の日のことなどを心配するのは、取り越し苦労だ」とか「私たちの制度を根本的に変えることなどできるはずがないし、人間の本質にも反している」とかいうのだ。それは、あたかも、核戦争は起こり得るものであって、人間の

本質というのは、たった一つしかないかのような言い方である。

全面核戦争はまだ起こったことがない。そのことから「全面核戦争は将来も決して起こらない」と思っている人たちがいる。しかし、全面核戦争は一度しか経験することができない。そのときになって統計を手直ししてみても遅すぎるのである。

軍備拡張競争を逆転するための国際機関の設立が提案され、いくつかの政府がそれを支持した。アメリカ政府も、それに賛成した。

しかし、国防総省の予算（一九八〇年だけで一五三〇億ドル）と軍備管理・軍縮庁の予算（年間一八〇〇万ドル）とを比べてみれば、アメリカが二つの活動のうちどちらを重視しているかがわかるだろう。理性的な社会は、つぎの戦争の準備のためよりも、その戦争がどんなものになるかを理解し、それを防ぐために多くのお金を使うのではなかろうか。

戦争の原因を研究することはできる。しかし、現在、私たちの理解は貧弱なものである。おそらく、それは、軍縮の予算が、アッカド王国（訳注＝紀元前二三五〇年ごろから同二一五〇年ごろまで栄えた南バビロニアの王国）のサルゴン王の時代から、役に立たないほどの額とゼロとの間だったためだろう。

微生物学者や医師たちが病気の研究をするのは、主として患者を救うためである。彼らが病原菌を応援することは、ほとんどない。

アインシュタインは「戦争は小児病だ」といったけれども、私たちは、戦争を、あたかも子供の病気であるかのように見なして研究しようではないか。核兵器の拡散と、核軍縮への抵抗とは、

地球上のあらゆる人を危険におとしいれるところまできてしまった。もはや、特別な利益とか、特別な事例とかいうものはない。

私たちが生き残れるかどうかは、私たちが知能と資源とを大規模に動員して、自分たち自身の運命に責任を持ち、リチャードソンのグラフの線が右のほうへと進まないようにするかどうかにかかっている。

地球上のすべての人間が核戦争の人質にされている。私たちは、在来型の戦争や核戦争について、自ら学ばなければならない。そして、私たちの政府を教育しなければならない。

私たちの生存を確保するための、ただ一つの、考えうる道具は科学と技術である。私たちはそれを学ばなければならない。私たちは、旧来の社会的、政治的、経済的、宗教的知恵と勇敢に戦って改革しなければならない。私たちは、世界中のすべての仲間たちがやはり人間であることを理解しようと、懸命に努力しなければならない。

もちろん、このようなことは困難である。だが、アインシュタインは、自分の理論が非現実的で「人間の本性に合わない」といって拒否されたとき、なんどもこういった。「ほかの代わりの理論がありますか」と。私たちも、そのように答えようではないか。

**肉体的な愛情が生む平和**

哺乳類の動物は、自分の子供をだいたり、なでたり、かわいがったり、世話をやいたり、愛したりする。これは哺乳類の特徴で、爬虫類は、そういうことはしない。

私たちの頭蓋骨のなかでは、R領域と辺縁系とが、あぶなっかしい休戦協定を結んで共存しており、それぞれの大昔の性質をいまも発揮する。もし、それがほんとうならば、私たちは、親としての愛情のあるふるまいのほうが強まって、それが私たち哺乳類の性質となるように期待することができる。肉体的な愛情がなければ、爬虫類のような行動を誘発するだけである。

愛情ある性質を私たちの特性とすることは可能だ、ということを示す証拠がいくつかある。ハリー・ハーローとマーガレット・ハーローは、実験室のオリのなかでほかの仲間たちと引き離して育てられたサルは、たとえ仲間のサルたちを見たり、仲間のにおいをかいだりすることができたとしても、むっつりした引っ込みがちな、自己破壊的なサルに育つか、異常性格のサルに育つ、ということを発見した。

人間の場合も、肉体的な愛情を受けることなく、大きな苦痛のなかで育った子供たちに、同じような傾向がみられたという。

精神心理学者のジェームズ・W・プレスコットは、四〇〇もの工業化以前の社会について、比較文化的な統計学的分析を行った。それは、驚くべき研究であったが、その結果、彼は、子供たちに肉体的な愛情を惜しみなく与えるような社会は、暴力行為をきらう傾向があることを発見した。その傾向は高い確率でみられた。

また、子供をそれほどかわいがらない社会でも、思春期に性行動が抑圧されていなければ、子供たちは、暴力的でないおとなに育つ。

乳幼児期と思春期という、人生の大切な二つの時期のうち、少なくともどちらか一つで肉体的

なよろこびを経験しなかった人たちは、暴力的な傾向を持つ社会を作る、とプレスコットは信じている。

肉体的な愛情が奨励される社会では、どろぼうや、組織的な宗教や、お金持ちであることを見せびらかすようないまいましいことは、ほとんど目につかないだろう。子供たちが体罰を加えられるような社会は、奴隷制度を持ちやすく、敵をしばしば殺したり、拷問にかけたりするだろう。また、女性を差別したり、超自然的なものを信じたり、それが日常生活にまではいりこんだりすることだろう。

このような、現象の下に横たわっているからくりについて、私たちは推測することができる。しかし、わかったと確信できるほどに、私たちは人間の行動を理解しているわけではない。しかし、この関係は重要である。プレスコットは、こう書いている。

「子供たちを肉体的にかわいがり、結婚前の性交渉に寛大な社会が暴力的になる確率は二パーセントである。このような関係が偶然にみられる確率は一二万五〇〇〇分の一にすぎない。成長に関する要因のなかで、これほど高い信頼度で予言できるものを、私はほかには知らない」

子供たちは、肉体的な愛情に飢えている。青年たちは、性行動への欲望にかられている。青年たちが自由にふるまうことができれば、その社会は、攻撃欲やなわばり意識、儀式欲、社会的階級意識などをほとんど許さないおとなたちで構成されるようになるだろう（子供たちは、成長の

過程でこのような爬虫類的な行動を十分に経験するだろうが)。
もし、プレスコットのいうことが正しいなら、この核兵器の時代、有効な避妊法のある時代には、子供の虐待と、きびしい性の抑圧とは、人類に対する罪である。
この刺激的な問題については、もっと研究しなければならない。研究の必要性は明らかである。だが、私たちは、赤ちゃんをやさしくだいてやることによって、だれと論争することもなく、個人的に、世界の未来に貢献することができる。
個人の性格や人間の歴史や比較文化的な研究が示しているように、もし奴隷制度、人種差別、女ぎらい、暴力などが、たがいに関係のあるものならば、私たちは、未来を楽観できるかもしれない。
私たちの社会は、最近、根本的な変化をとげつつある。数千年以上も続いたいまわしい奴隷制度は、わきたつような全地球的な革命によって、ほとんど消えてなくなった。女性たちは、数千年にわたって保護されてきて、伝統的に政治的、経済的な真の力を持つことを許されなかったが、しかし、もっとも遅れた社会においてさえ、女性たちは、しだいに男性たちと対等の立場に立ちつつある。
近代史のなかではじめて、大がかりな侵略戦争がなくなっている。それは、部分的には侵略する側の市民たちが、それをきらうためである。国家主義の熱情や主戦論者の誇りといったものを奨励してみても、人びとはあまり耳をかさなくなった。なぜなら、生活水準がしだいに上がってきて、世界中で子供たちがよりよい取り扱いを受けるようになったためだろう。

わずか数十年のあいだに、まさに人類の生き残りのために必要な方向へと、全地球的な変化が起こりはじめた。「私たちは一つの同じ種である」という認識を基盤とした新しい意識が発達しつつある。

**科学は役に立つ道具**

アレキサンドリアの図書館が創立されたころに生きていたテオフラストスは「迷信は、神の面前での憶病である」と書いている。

私たちの住んでいる宇宙では、星の中心部で原子が作られる。宇宙では、毎秒、一〇〇〇個もの太陽が生まれる。生命は、若い惑星の空気と水のなかで、太陽と雷とによって作られる。宇宙では、生物の進化の原料は、銀河系を半周した向こう側の星の爆発によって作られることもある。宇宙では、銀河のような美しいものが、一〇〇〇億回も作り出される。そこは、クェーサーやクォーク、雪やホタルの宇宙である。ブラック・ホールもあれば、ほかの宇宙も、地球以外の文明世界もあり、その文明世界からの電波のメッセージは、いまも地球に届いている。

それと比べれば、もったいぶった迷信やエセ科学の、なんと色あせて見えることか。私たちにとって、科学の研究を進め、科学を理解することは、なんと大切なことか。それは、まさに、人間のなすべき仕事である。

自然は、あらゆる面で奥深いなぞをあらわし、私たちを不思議がらせたり恐れさせたりする。

テオフラストスは正しかった。ありのままの宇宙を恐れ、持ちもしない知識を持っているかのように装い、人間中心の宇宙を想像する人たちは、迷信のはかない安楽を好んだ。彼らは、世界と対決せず、むしろ世界を避けた。

しかし、宇宙の組織と構造とが自分たちの願いや好みと大きく食い違っていたとしても、その真実をきわめようという勇気を持った人たちは、宇宙のもっとも深いなぞを解き明かすだろう。

科学の研究ができる動物は、地球上には人間以外にはいない。今日までのところ、科学は人間だけの発明である。それは、「実際の役に立つ」という簡単な理由のおかげで、大脳皮質のなかでの自然選択によって進化してきたものである。

しかし、それは完全なものではない。それは悪用されることもある。それは道具にすぎない。だが、それは、私たちにとって最良の道具である。それは自己修正的であり、進歩するものであり、すべてのものに応用できる。

科学には二つの規則がある。その第一は、「神聖な真理などはない」ということである。仮説は、すべて批判的に調べなければならない。権威者の議論には価値がない。

その第二は「事実と矛盾するものは、何であれ、捨てられるか改められるかしなければならない」ということである。宇宙は、あるがままに理解しなければならない。どうであるか、ということと、どうあってほしいか、ということとを混同してはならない。明白なことが、ときには間違っており、思いがけないことが、ときには真実である。

問題が十分に大きければ、どこの人間の目標も同じである。そして、宇宙の研究は、私たちの

考えうるもっとも大きな問題である。

現在の地球の文化は、生意気な新参者のようなものである。地球の舞台のうえでは、四六億年にわたって、ほかのさまざまな劇が演じられ、そのあとに人間の文化が登場した。人間は、数千年のあいだ、あたりを見回して早くも永遠の真理をつかんだと宣言している。

しかし、私たちの世界のように、急速に変化しているところでは、それは、破滅への処方箋である。どの国も、どの宗教も、どの経済体制も、どの知識も、私たちが生き残るのに必要な答えのすべてを持ってはいない。いまある社会体制よりも、はるかによく機能する体制が、数多くあるに違いない。科学的な伝統のなかでそれを探すのは、私たちの任務である。

### 栄光のアレキサンドリア

私たちの歴史のなかでは、輝かしい科学文明が花を開いたことが一度だけあった。それは、イオニア人たちが目をさましたおかげであった。その科学文明のとりでは、アレキサンドリアの図書館だった。そこで、二〇〇〇年ほど前、古代のもっともすぐれた学者たちが、数学、物理学、生物学、天文学、文学、地理学、医学などの基礎を築いた。私たちは、いまも、その基礎のうえに立っている。

アレキサンドリアの図書館は、プトレマイオス王朝のギリシャ人の王たちによって建設され支援された。この王朝は、アレキサンダー大王の帝国のうち、エジプトを遺産として譲り受けたのだった。

この図書館は、西暦紀元前三世紀に創立され、七世紀後に破壊されたが、そのあいだ、古代世界の頭脳であり心臓であった。

アレキサンドリアは、地球上の出版の都であった。もちろん、そのころには、印刷機はなかった。本はすべて手で書かれ、高価であった。この図書館は、世界中でも、もっとも正確なコピーの貯蔵庫であった。

大切な編集の技術が、ここで発明された。今日、私たちが持っている旧約聖書は、主として、アレキサンドリア図書館で作られたギリシャ語の翻訳をもとにしたものである。

プトレマイオス王朝の王たちは、あらゆるギリシャの本や、アフリカ、ペルシャ、インド、イスラエルなどのほか、世界各地の本を集めるのに、自分たちの巨大な財産の大部分を使った。

プトレマイオス三世エウエルゲテスは、ソフォクレス、アイスキュロス、エウリピデスの三人が書いた偉大な古代悲劇の、手書きの原本または国の公式写本を、アテネから借りたいと考えた。アテネの人たちにとって、それらは文化的な遺産であった。それは、シェークスピアの手書きの原本や初版本がイギリス人にとって大切なのと同じことであった。

アテネの人たちは、手書きの原本を、ほんのちょっとのあいだでも国外に出すことをしぶった。そこで、プトレマイオス三世は、ものすごい額の保証金を積んで「必ず返す」と約束した。アテネの人たちは、それでようやく悲劇の原本を貸すことに同意した。

しかし、プトレマイオス三世は、それらの巻物は、金や銀よりも、はるかに価値高いものだと考えた。彼は、喜んで保証金を没収され、原本を図書館に秘蔵した。アテネの人たちは怒ったけ

れども、プトレマイオス三世がちょっと恥じ入りながら差し出した写本で満足しなければならなかった。一つの国家が、知識の追究をこれほど熱心に支援した例は、まれである。

プトレマイオス王朝の王たちは、すでに確立された知識を集めるだけではなかった。彼らは、科学の研究と、それから新しい知識を生みだすこととを奨励し、そのためにお金を出した。

その結果は、目を見張るばかりだった。たとえば、エラトステネスは、地球の大きさを正確に計算し、その地図を作り、「スペインから西へ航海すればインドに達する」と主張した。ヒッパルコスは「星は生まれ、何世紀にもわたってゆっくりと動き、やがて消えてしまう」と予測した。そのような変化をみるために、彼は、初めて星の位置と明るさの目録を作った。

ユークリッドは、幾何学の教科書を作った。人類は、二三世紀にわたって、この本から学んだ。ケプラー、ニュートン、アインシュタインが、科学に興味を持つようになったのは、ある程度、この本のおかげである。ガレノスは、治療と解剖とについて、基本的な本を書いた。この本は、ルネサンス期に至るまで、医学の世界を支配していた。そこには、すでに私たちがみてきたように、ほかにも数多くの学者がいた。

アレキサンドリアは、西洋で、これまでに建設されたもっとも偉大な都市であった。あらゆる国の人たちが、ここに来て住み、取引をし、学問をした。どんな日にも、アレキサンドリアの港は、商人や学者や観光客でにぎわっていた。そこは、ギリシャ人、エジプト人、アラブ人、シリア人、ヘブライ人、ペルシャ人、ヌビア人、フェニキア人、イタリア人、ゴール人、イベリア人たちが商品や思想を交換する場所だった。

ここでは「コスモポリタン（世界人）」＊という言葉が、その真の意味において、現実のものとなっていただろう。人びとは、ある国家の市民ではなく「コスモス（宇宙、世界）」の市民であった。では「コスモス」の市民となるためには……。

### 科学を圧殺した暴徒たち

ここには、現代の世界のタネが、はっきりとみられる。このタネが根を広げ、花を咲かせるのを、何が妨げてきたのだろうか。コロンブスやコペルニクスや、その時代の人たちが、アレキサンドリアでなされた研究を再発見するときまで、西洋の社会は一〇〇〇年ものあいだ暗闇のなかに眠っていた。それは、なぜなのか。

私は、この問題に、単純な答えを出すことはできない。しかし、私はつぎのことを知っている。アレキサンドリア図書館の歴史を通じて、そこの有名な科学者や学者たちが、そのころの社会の政治的、経済的、宗教的な仮説に真剣に取り組んだ、という記録はどこにもない、ということだ。星の不変性については研究されたが、奴隷制度が正しいかどうかは研究されなかった。当時、科学と学問とは、特権的な、少数の人たちだけのものだった。アレキサンドリアの数多くの人たちは、図書館のなかで、どのような偉大な発見がなされているかについて、露ほどの知識も持ち合わせていなかった。新しい発見は説明されることも、広く多くの人に知らされることもなかった。

研究の成果は、一般の人たちの役には、ほとんど立たなかった。機械や蒸気技術の発見は、主

として武器の完成や、迷信の強化や、王さまの楽しみのために、役立てられた。科学者は、人びとを苦役から解放するために機械の力を役立てようとは一度もしなかった。**
古代の偉大な知的業績が、すぐに実用面に応用されることは、ほとんどなかった。科学が大衆の想像力をかき立てることも決してなかった。
沈滞や悲観論や、神秘主義へのもっともいまわしい降伏を止める力は、どこにもなかった。そして、ついに暴徒が図書館に焼き打ちをかける日がやってきた。そのとき、彼らを止める者は、だれもいなかった。
この図書館で最後まで働いていた科学者は、数学者であり、天文学者であり、物理学者であり、新プラトン派哲学の指導者でもあった。この人は、あらゆる時代のどの科学者よりも幅広い業績を残した。この人は、ヒパチアという名の女性であった。
彼女は、西暦三七〇年にアレキサンドリアで生まれた。当時、女性たちは、自分たちの進路を自ら選ぶことはほとんどできず、また、財産の一種と考えられていた。しかし、ヒパチアは、自

＊原注＝「コスモポリタン」という言葉は、ディオゲネスが初めて使った。彼は、古代ギリシャの合理主義の哲学者で、プラトンを批判した。
＊＊原注＝ただ一つの例外はアルキメデスである。彼は、アレキサンドリア図書館に滞在していたとき「らせんポンプ」を発明した。それは、今日でもエジプトで畑のかんがいをするのに使われている。しかし、彼でさえも、このような機械の発明は、科学の尊厳に値しないものと考えていた。

由に、無意識のうちに、伝統的な男性の領域へとはいりこんでいった。
彼女は非常な美人であった、とあらゆる記録が述べている。彼女に結婚を申し込んだ男性は数多くいたが、彼女はそのような申し入れのすべてをことわった。
ヒパチアの時代のアレキサンドリアは、すでに長いあいだローマの統治下にあり、街は非常に緊張していた。奴隷制度が、古典的な文明社会から活力を奪っていた。キリスト教の教会は、しだいに大きくなり、力を強めつつあった。そして、異教徒の影響力や文化を消し去ろうと試みつつあった。ヒパチアは、そのような激しい社会的勢力の震源地のうえに立っていた。アレキサンドリアの教会の主教であったキュリロスは、ヒパチアをひどくきらった。なぜなら、彼女はローマの知事と親しくしていたし、学問と科学のシンボルでもあったからである。昔の教会は、学問と科学とを、異教徒のすることとみなしていた。
彼女は、個人的にきわめて危険な立場にいたが、しかし、学問を教えたり、本を出版したりすることをやめなかった。しかし、西暦四一五年、彼女は仕事に向かう途中、キュリロスの教区民である狂信的な暴徒に襲われた。彼らは、ヒパチアを馬車から引き降ろし、着物を引き裂き、アワビの貝がらで彼女の肉を骨からはがした。彼女の遺体は焼かれ、彼女の仕事は消し去られ、彼女の名前は忘れられた。そして、キュリロスは、聖人にまつられた。

**失われた古代の名著**

アレキサンドリア図書館の栄光は、もはやかすかにしか記憶されていない。この図書館の最後

の光も、ヒパチアの死後まもなく吹き消された。あたかも、この文明社会は、自ら脳外科の手術をしたかのようだった。その記憶も、発見も、思想も、情熱も、取り返しのつかない形で消されてしまった。損失は計り知れないものであった。

ある場合は、魅力的な題名だけが残っていて、作品そのものはなくなっている。ほとんどの場合、私たちは作品の題名も著者の名前も知らない。この図書館にあったソフォクレスの劇の台本一二三巻のうち、今日残っているのは、わずか七巻にすぎない。その七巻のうちの一つは『オイディプス王』である。アイスキュロスやエウリピデスの本についても同じことがいえる。それは、あたかも、ウィリアム・シェークスピアという名の男の作品として『コリオレイナス』と『冬の夜話』しか残っていないようなものである。私たちは、彼がほかにも『ハムレット』『マクベス』『ジュリアス・シーザー』『リア王』『ロメオとジュリエット』などの多くの作品を書き、当時もてはやされたことは知っているが、その内容はまったく知らない、というのに似たことである。

この栄光の図書館にあった本は、たったの一冊も残っていない。現代のアレキサンドリアの人たちは、ほとんどだれもアレキサンドリア図書館のことを高く評価していないし、それについてのくわしい知識も持ち合わせていない。また、彼らより何千年も前に、そこに偉大なエジプト文明があったことも、彼らはほとんど知らない。そこでは、もっと最近の出来事や、ほかの文化的に緊急なことのほうが幅をきかせている。それは、世界中どこでも同じことである。私たちは、自分たちの過去と、ほんのわずかの接触しか持っていない。

だが、この図書館の遺跡から石を投げれば届くほどのところには、数多くの文明の記念物があ

る。たとえば、ファラオの時代のエジプトの、なぞめいたスフィンクス、この土地のおべっか使いが、アレキサンドリアの人たちが飢えて死なないようにするため、ローマの皇帝ディオクレチアヌスのために建てた巨大な円柱、キリスト教の教会、数多くのイスラム教寺院の先のとがった塔、そして、現代の工業文明の証拠、たとえばアパート、自動車、電車、スラム、極超短波の中継塔などだ。

現代の世界のロープやケーブルは、過去からの一〇〇万本もの糸がより合わされてできている。私たちの業績は、四万世代におよぶ私たち人間の祖先たちがなしとげたことの上に成り立っている。そのような祖先たちは、ほんの一部を除いて、名前も残さず、忘れ去られていった。

私たちは、ときたまエブラ国（訳注＝シリア北部に栄えた古代の都市国家）の古代文化社会のような大文明を発見する。エブラ国の文明は、わずか数千年前に栄えたものだが、私たちは、それについては何も知らなかった。私たちは、自らの過去について、なんと無知なのだろうか。銘文、パピルス、本は、人類に昔のことを教えてくれる。私たちは、それらによって、私たちの兄弟姉妹や私たちの先祖たちのわずかばかりの声を聞き、かすかな叫び声を聞く。そして、彼らがどれほど私たちに似ているかを知るのだが、それは、なんと大きな喜びだろうか。

この本のなかで、私たちの先祖のうち名前の残っている人たち、たとえば、エラトステネス、デモクリトス、アリスタルコス、ヒパチア、レオナルド・ダ・ビンチ、ケプラー、ニュートン、ホイヘンス、シャンポリオン、フマーソン、ゴダード、アインシュタインたちに、目を向けてきた。これらの人たちは、すべて西洋社会の文化に関係した人たちである。西洋に片寄ったのは、

いま現れつつある文明が、主として西洋のものだからである。しかし、すべての文化社会、たとえば、中国、インド、西アフリカ、中部アメリカなどの文明社会も、私たちの全地球的な社会に大きく貢献してきたし、それぞれ生産的な思索家を持っていた。

通信技術の発達によって、私たちの地球は、危険きわまりないスピードで、全地球的な単一社会への最終段階に向かって突進しつつある。もし私たちが、文化的な差を消し去ることなく、自分自身を消し去ることなく、地球の統一をなしとげることができるなら、私たちは、偉大なことを達成したことになる。

アレキサンドリア図書館の敷地の近くには、今日、首のないスフィンクスが横たわっている。それは、第一八王朝のハル・エム・ヘブ王のころに作られたもので、アレキサンダー大王の時代より一〇〇〇年も前のことだった。そのライオンに似たからだの近くから、現代の極超短波の中継塔がよく見える。その二つのあいだには、人類の歴史の糸が、切れ目なくつながっている。スフィンクスから中継塔までのあいだに経過した何千年かの歳月は、ビッグ・バンから今日までの一五〇億年かの歳月に比べれば、ほんの一瞬にすぎない。ビッグ・バンから今日までの宇宙のあゆみを記した記録は、ほとんどすべて、時間という風によって吹き飛ばされてしまった。宇宙の進化に関する証拠は、アレキサンドリア図書館のパピルスの巻物よりも、もっとひどく破壊されてしまった。

しかし、私たちの先祖と私たち自身とが歩いてきた曲がりくねった道を、私たちは勇気と知性とをもって何度か盗み見たのである。

ビッグ・バンによって物質とエネルギーとが爆発的に放出されてから、どれくらいの歳月かはわからないが、宇宙には形のない時代があった。銀河もなく、惑星もなく、生物もいなかった。深い、見通しのきかない暗闇の空間のなかには、あらゆるところに水素の原子があった。

そして、気づかれないほどゆっくりと、ガスが濃く集まっていった。物質の球が作られてゆき、太陽よりもっと大きな水素のしずくができた。そして、その球状のガスのかたまりの、物質の奥深いところで、核反応の最初の火がともった。こうして、第一世代の星が生まれ、宇宙に光があふれた。

そのころには、その光を受ける惑星は一つもなく、天の光をたたえる生物も、まったくいなかった。星のかまどの奥深いところで、核融合の錬金術が行われ、重い元素が作りだされた。それは、水素が燃えたあとの灰であり、未来の惑星や生物の〝建築材料〟となる原子であった。

巨大な星は、貯えていた核燃料をすぐに使いはたした。それは、もともと宇宙の薄いガスが凝結してできた星だが、ついに巨大な爆発を起こして、自分の作った物質の大部分を、もとの宇宙の薄いガスのなかへ戻した。

星と星とのあいだには、暗い豊かな雲があり、そのなかで、数多くの元素からなる新しいしずくができつつあった。つぎの世代の星が、そこで生まれつつあった。その近くで、小さなしずくもできつつあった。それは、あまりに小さくて、核融合の火をともすことができなかった。恒星

間宇宙のなかの、この小さなしずくは、惑星への道を歩いているのだった。そのようなしずくのなかに、石や鉄でできた小さな世界があった。それが地球のはじまりだった。
凝結し温まった地球は、そのなかに捕らえられていたメタンやアンモニアや水や水素ガスを放出した。それが、原始的な大気と海になった。太陽からの光が、原始地球を照らして温め、あらしを起こし、稲妻と雷を作りだした。火山からは溶岩があふれ出た。
このようなことが、原始大気のなかの分子を引きちぎった。そのかけらは、再び結合して、もっともっと複雑な形になり、原始海洋の水のなかに溶けこんでいった。しばらくすると、海の水は、温かい薄いスープになった。そして、粘土の表面で複雑な化学反応が起こって、分子ができていった。そして、ある日、まったく偶然に、スープのなかのほかの分子を使って、自分自身の粗っぽい複製を作れる分子が現れた。時間がたつにつれて、もっと精巧に、もっと正確に自分の複製を作れる分子ができてきた。このような分子のなかから、もっともよく複製を作れるものが、自然選択のふるいによって、えりわけられた。よりよく複製を作れるものが、より多くの複製を作った。
このようにして、自分の複製を作る有機物の分子が複雑に濃縮されてゆき、それにつれて、原始海洋のスープは使いつくされ、海の水は薄くなっていった。そして、だれも気づかないほどゆっくりと、生命が誕生していった。
進化によって単細胞の植物が現れ、生物は自分の食べものを自分で作り出すようになった。光合成が大気を変えていった。性も発明された。自由気ままに生きていた生物が、たくさん結合し

て、特別な機能を持つ複雑な細胞となった。化学的な受容器（感覚器）ができ、宇宙は味をみたり、においをかいだりすることができるようになった。
単細胞生物は、進化して多細胞の集合体となり、さまざまな部分を、専門化した器官に変えていった。目や耳もでき、宇宙は見たり聞いたりできるようになった。植物や動物は、陸地でも生きてゆけることを発見した。生物たちは、陸地へ向かってせわしく進み、あわてて進み、どしんどしんと音をたてて行き、すべって行き、バタバタと前進し、ふるえながら上陸した。
湯気のたつようなジャングルのなかで、巨大なけものが大きな声をあげ、小さな生物も堅い殻の容器のなかから生まれ出た。彼らの血管のなかには、初期の海の水と同じような液体が流れていた。彼らは、すばしっこくてずるかったので、生き延びることができた。
そして、ついこのあいだ、木の上にすんでいた小さな動物が、木から降りてきた。彼らは、まっすぐ立つようになり、道具を使うことを覚え、動物や植物や火を飼いならした。そして、言葉も考え出した。星の錬金術で作られた灰は、いまや「意識」となった。それから、彼らは、さらにテンポを速めて、文字、都市、芸術、科学などを発明し、惑星や恒星へ探測器を送るまでになった。これらは、一五〇億年におよぶ宇宙の進化によって、水素原子がなしとげたことの一部である。
これは、叙事詩的な神話のひびきを持っており、事実、これは神話である。しかし、これは、私たちの時代の科学が明らかにした宇宙の進化について述べたものにすぎない。
私たちが、私たちのところまでくるのは、困難なことでもあったし、危険なことでもあった。

地球は銀河水素工場の最近の製品である。そのうえのすべての生物は貴重なものであり、大切にしなければならないものである。宇宙の進化に関するどのような説明も、そのことを明らかにしている。同じような、別の驚くべき物質の変換が、宇宙のどこかにあるかもしれない。それだから、私たちは、もの欲しそうに、宇宙の歌に耳を傾けているのである。

**忠誠心の輪を広げよう**

私たちは、奇妙な考えを持ち続けてきた。私たちがだれであれ、自分よりほんの少し違う人間や社会に出会うと、私たちは、その人間や社会を、見なれぬ異様なものと考え、信頼できない、いやなものだと思ってきた。「異国の」とか「異人の」とかいう言葉には、否定的なニュアンスがこめられている。私たちの社会の、それぞれの遺跡や文化は、私たちが人間として生きてゆく、そのゆきかたが違っていることを示している。しかし、地球以外のところからやってきた訪問客が、人間とその社会のなかの違いをみれば、同じである点に比べて、違うところは、とるにたりないことを発見するだろう。

宇宙には知的な生物がたくさんいるかもしれない。しかし、ダーウィンの教えたことは明白である。人間はよそにはいない。ここにしかいないのだ。この小さな惑星・地球のうえにしかいないのである。私たちは、珍しい、危険にさらされた種である。宇宙的な見方をすれば、私たちのひとりひとりが貴重なのだ。私たちと意見の合わない人がいても、その人も生かしてあげようではないか。一〇〇〇億個もの銀河のなかにさえ、私たちと同じものを見つけることはできないの

だから。

人間の歴史は、自分がより大きな人間集団の一員であることに、ゆっくり気づいていった歴史であった、と見ることができる。私たちの忠誠心は、まず自分自身に対する忠誠心であった。それが、自分の直系の家族に対する忠誠心となり、つぎには放浪する狩猟・採集者の集団へ、そして種族へ、小さな村へ、都市国家へ、そして国家への忠誠心となっていった。

私たちは、愛すべき集団の輪を広げてきた。そして、アメリカ人の場合は、いま、控えめに「超大国」と呼ばれている国家に組み込まれている。この国には、ものすごく違った民族的、文化的背景を持った人たちのグループがあり、ある意味でいっしょに働いている。これは、たしかに、人びとを同一化し、一つの性格を作り出す経験である。

もし、私たちが生き延びなければならないのなら、私たちの忠誠心をさらに広げ、人類社会全体を対象とするものにしなければならない。しかし、それぞれの国を統治している人たちは、このような考えを不愉快に思うだろう。彼らは権力を失うことを恐れるのである。

私たちは、反逆や不忠誠について、数多くの話を聞く。豊かな国は、その富を貧しい国々に分け与えなければならないだろう。しかし、H・G・ウェルズが別の文脈のなかでかつて述べたように、選択は「世界か無か」なのである。

数百万年前には、人間はいなかった。これから数百万年たったとき、ここにはだれがいるのだろうか。地球の四六億年の歴史を通じて、地球を離れたものは、なにもなかった。しかし、いま地球を飛び立った無人の探測器が、きらきら輝きながら、優雅に、太陽系のなかを動いている。

私たちは、これまでに二〇の世界の予備的な偵察をすませた。そのなかには、肉眼で見える惑星がすべて含まれている。夜空をさまようこれらの星の光は、私たちの先祖の心をかきたてた。彼らは、それを理解しようとしたり、夢中になったりした。

もし私たちが生き残るなら、私たちの時代は二つの理由で有名となるだろう。その第一は、技術的な思春期の危険なときに、私たちは自己破滅を避けることができた、ということであり、第二は、私たちが恒星への旅をはじめた時代だ、ということである。

私たちの選択は、きびしく、しかも皮肉である。惑星へ探測器を送ったのと同じロケットが、核兵器をほかの国々へ送り込むのに使われる。バイキングやボイジャーに積まれた原子力電池は、核兵器を作るのと同じ技術から引き出されたものである。

弾道弾を追跡したり誘導したり、敵の攻撃を発見したりするための電波技術やレーダー技術は、惑星のうえの探測器からの電波を受けたり、探測器に指令を与えたり、近くのほかの星の文明人からの信号を聞いたりするのに使われている。

私たちが、これらの技術を自己破壊のために使うなら、私たちは、これ以上、惑星や恒星へと飛んではいけないだろう。それはたしかなことである。

しかし、その逆もまた真である。私たちが惑星や恒星へと飛び続けるならば、私たちの主戦論は、もっと弱まるだろう。私たちは、宇宙的な展望と視野を持つようになるだろう。私たちは、私たちのすべての探検が、地球上のすべての人たちのためにのみ進められていることを認識するだろう。私たちは、死のためではなく、生のための事業にエネルギーを注ぎ込むことになるだろ

う。地球とその住民についての理解を広げることと、どこかほかのところにいる生物を探すことに、エネルギーを注ぎ込むのだ。

宇宙の探検は、無人であれ有人であれ、戦争と同じだけの技術的能力や組織運営の能力を用い、勇気と大胆さとを必要とする。もし、核戦争が起こる前に、真実の軍縮が実現すれば、このような宇宙探検は、大国の産軍共同体に、長続きする汚れのない仕事を与えることができるだろう。戦争の準備で得られるのと同じ利益が、宇宙の探検から比較的容易に得られることだろう。

## わずかな宇宙開発の予算

適当な、しかし野心的な無人の惑星探測計画には、あまりお金はかからない。アメリカの、いまの宇宙科学の予算はわずかなものである。ソビエトの宇宙予算も、アメリカの数倍にすぎない。これらを合わせても、一〇年分で原子力潜水艦の一隻か二隻分にしか相当しないし、数多くの兵器システムのうちの、たった一つの一年分の予算を少し超える程度である。

一九七九年の最後の四半期に、アメリカのＦ Ａ—18戦闘機の予算は二一億ドルふやされ、Ｆ—16戦闘機の予算は三四億ドルふやされた。

無人の惑星探測がはじまってから、アメリカとソビエトがこの計画のために使った予算は、たとえば、一九七〇年から一九七五年にかけて、アメリカがカンボジア爆撃などに、恥ずかしくも浪費したお金よりも、はるかに少ない。カンボジア爆撃は、国家政策の遂行であったが、これには七〇億ドルの予算がかかった。

バイキングの火星への飛行や、ボイジャーの太陽系外域への飛行などにかかった総経費は、一九七五年から八〇年にかけての、ソビエトのアフガニスタン侵攻の経費よりも少ない。
宇宙の探検に使われたお金は、技術者の雇用、高度な技術への刺激などを通じて、経済的な乗数効果を表す。ある研究によると、惑星探測に使われた一ドルは、七ドルになって国家経済に戻ってくるという。それにもかかわらず、大切であり、完全に実行可能な宇宙計画の多くが、予算不足のために、日の目をみていない。そのような計画のなかには、火星の表面を動きまわる探測車や、彗星と出会う探測器、タイタンに突入する探測器、宇宙のほかの文明人からの信号を探す大規模な計画などが含まれている。
月面に永久的な基地を作るとか、火星に人間を送るとかいうような宇宙計画は、あまりに大きすぎるので、核兵器や在来兵器の軍縮に劇的な進歩がない限り、ごく近い将来に実現することはないだろう。私はそう思う。
そのころになっても、この地球上には、宇宙探検よりも、もっと差し迫って必要なことが、おそらくあるだろう。しかし、私たちが自己破滅を避けることができるなら、私たちは、遅かれ早かれ、このような宇宙計画を実行することだろう。そのことに疑問の余地はない、と私は思う。
社会を静止した状態に維持することは、ほとんど不可能である。そこには、心理的な、複雑な力が働く。計画を縮小したり、宇宙に背を向けたり、といったわずかな傾向が、何世代ものあいだ積もってゆくと、大きな衰退になるだろう。逆に、コロンブスにならって「星への企て」と呼べるような、超地球的な事業を少しずつでも進めていけば、何世代もたつうちに、数多くの人間

がほかの世界に住み、宇宙への参加を楽しむようになるだろう。

**生き延びなければならぬ人類**

三六〇万年ほど前、いまのタンザニア北部にあたるところで火山が爆発し、その結果、火山灰がまわりの草原をおおった。

一九七九年、古人類学者のメアリー・リーキーは、灰のなかに足跡を見つけた。それは、今日地球上に住むすべての人間の祖先にあたる大昔の原人の足跡だろう、と彼女は信じている。

そして、三八万キロ離れたところに、もう一つの足跡がある。そこは、人類が楽観的な気分になったときに「静かの海」と名づけた、平らな乾いた平原である。その足跡は、地球以外の世界を歩いた最初の人間が残したものである。私たちは、はるかな歳月を超えてきた。三六〇万年の昔から、そして四六億年前から、さらに一五〇億年も前の大昔から……。

私たちは、宇宙の片すみで形をなし、意識を持つまでになった。私たちは、自分たちの起源について考えはじめた。星くずが、星について考えている。一〇〇億の一〇億倍の、そのまた一〇億倍もの原子の集合体が、原子の進化について考え、ついに意識を持つに至った長い旅のあとをたどっている。私たちの忠誠心は、全人類と地球に対するものでなければならない。私たちは、地球のために発言する。私たちは生き残らなければならない。その生存の義務は、私たち自身のためだけのものではない。私たちは、その義務を宇宙に対しても負っている。時間的には永遠、空間的には無限の、その宇宙から私たちは生まれてきたのだから……。

# 訳者あとがき

翻訳の仕事を進めていると、ときに不愉快になることがある。自分の考えとまるで逆のことが原著のなかに書いてあるとき、そうなるのだ。

だが、この『コスモス』の翻訳にさいしては、私は一度も不愉快になったり、腹が立ったりしなかった。セーガン博士の考えや哲学、趣味に対し、私は何の違和感も摩擦感もなく同調することができた。四〇〇字詰め原稿用紙で一〇〇〇枚に及ぶこの本の翻訳は、たしかに苦労の多いものであったが、しかし、訳し終えて、いま、私はきわめてさわやかである。この本を読まれるかたの多くが、私と同じように、さわやかな気持ちで本を閉じられ、広大な宇宙と永遠の時間とについて、まったく新しい視野を開かれることだろう。

翻訳にあたっては、逐語訳を避け、日本語として読みやすくすることに力を入れた。セーガン博士の流れるような、わかりやすい詩的な文章の持ち味を十分に生かすよう努力した。しかし、なお、読みづらいところが残っていることと思うし、誤りがあるかもしれない。読者のみなさんのご批判を仰いで、再版のさいに直したいと思う。

中国の人名については藪内清・京大名誉教授、天文学の術語については小尾信彌・東大教授、脳の生理化学については永井克孝・東大教授、インドの文学については前田式子さんに、いろいろ教えていただいた。また、英語の意味のわからぬところは、ベルリッツ・スクール有楽町校の

英語の先生たちに教えていただいた。国際コミュニケーションズの小森茂・開発室長を介して、アメリカのセーガン博士に問い合わせたことも何回かあった。九月に来日したセーガン博士に、いろいろな疑問点をただすことができたのも、さいわいだった。身内のことで恐縮だが、妻絹子も古代ギリシャの哲学者のことなど、いろいろと下調べをしてくれた。

出版にあたっては、朝日新聞図書編集室の藤田雄三室長と山田豊、柴野次郎両氏にひとかたならぬお世話になった。また、天文学にくわしい『科学朝日』副編集長・森暁雄氏には校正刷りを読んで点検していただいた。

お世話になったみなさんに、心からお礼を申し上げる。（一九八〇年九月）

〔文庫版のために〕

カール・セーガン博士は、この本のなかで、私たちの宇宙のことについて解説し、その宇宙のなかでユニークな存在である人類が核戦争によって滅びることのないようにと、呼びかけました。しかし、世界の状況は、かならずしも、彼の期待した方向へは進んでいません。

彼が、この本を世に問うたのは、一九八〇年のことでしたが、その翌年の一九八一年一月、アメリカでは、タカ派で知られるロナルド・レーガン氏が大統領に就任し、アメリカの軍国主義的な傾向を一層強化する政策を打ち出しました。レーガン大統領は、ソビエトに対する敵意をあおり、巡航ミサイルや迎撃ミサイルなどの開発を推進する政策をとっています。宇宙空間までも、軍事目的のために大いに活用しようというのです。

アメリカの影響は日本にも及び、わが国でも防衛力増強という名目で軍備の拡張が進められています。

宇宙から地球を見れば、国境などというものは見えません。広大な宇宙の感覚からすれば、地球は一つの小さな惑星にすぎないのです。その地球の上で、人類同士がいがみあい、人殺しの技術の質と量との拡大に血道をあげているのは、まことに愚かなことです。

『コスモス』が、初めて出版されてからすでに四年以上たちましたが、いま述べたような世界の状況から考えて、この本の価値と重要性は、ますます高まっていると思います。

この本が、いま文庫版となって、多くの新たな読者を得ることは、著者のセーガン博士にとっても、訳者の私にとっても、たいへんうれしいことです。（一九八四年三月）

## 解説
# セーガン博士について

木村　繁

セーガン博士は、一九三四年一一月九日、アメリカのニューヨーク市ブルックリン区で生まれた。父親はロシア系の移民で衣服工場の裁断師であった。母親はアメリカ生まれだった。少年時代のセーガン博士は空想科学小説が好きで、星空に強い関心を持っていた。そのことは、彼自身がこの本の下巻第七章でかなりくわしく述べている。

一二歳のとき、セーガン博士はすでに天文学者になるつもりだった。そのことを、彼はおじいさんに話した。すると、おじいさんは「それはいい考えだ。しかし、おまえ、どうやって暮らしをたててゆくんだね」とたずねた。昔の天文学者たちは占星術師をかねていて、占星術で暮らしをたてた。しかし、いまの天文学者は占星術とは無関係だ。セーガン博士の一家は、のちにニュージャージー州に引っ越したが、そこで高校にはいったとき、セーガン博士は「天文学者として暮らしている人たちがおおぜいいる」ことを知った。

衣服工場の裁断師の息子だった彼は、洋服のセールスマンになろうかと考えたこともあった。

しかし、成績優秀だった彼は、一九五一年に奨学資金を受けてシカゴ大学にはいり、九年後には博士号をとった。

彼は、まだ大学院の学生だったころ、航空宇宙局に招かれて、ほかの惑星の生物を探す計画について、いろいろと意見を述べた。若いうちから「異星人」の研究を進め、彼の実力は、早くから評価されていた。

ハーバード大学やスタンフォード大学医学部で教えたのち、彼はコーネル大学に移って、そこに落ちついた。現在は、天文学の教授であり、同大学惑星研究所の所長である。

一九七一年には、アメリカとソビエトとが共同で開いた「異星人との交信に関する会議」で、彼はアメリカ側の議長をつとめた。そのとき彼は、まだ三六歳だった。

彼は航空宇宙局の功績章を受けたし、そのほか「人類の福祉にいちじるしく貢献した」としてジョゼフ・プリーストリー賞を受けた。また、マリナー9号の飛行についての貢献によって、一九七三年には国際的な宇宙飛行の賞であるガラベール賞を受けた。

セーガン博士の文才が注目されるようになったのは、一九六〇年代の後半からである。彼は、一九六八年に太陽系研究の雑誌『イカロス』の編集長となり、いろいろな雑誌にも寄稿するようになった。そして、太平洋天文学会から「天文学の普及につとめた功績」でクルンプケ・ロバート賞を受けた。

彼は、ノンフィクションの本も書き始めた。一九七三年に出版された『宇宙との連帯』（邦訳・河出書房新社）は、その年の「最優秀科学書」としてジョン・キャンベル賞を受けた。続いて一

九七八年に出版された『エデンの恐竜』(邦訳・秀潤社)は、ノンフィクション部門のピュリツァー賞を受け、超ベストセラーとなった。一九七九年に出版された『ブロッカ博士の頭脳』もベストセラーとなった。ほかに『異星人との知的交信』(邦訳・河出書房新社)などの編著もある。

セーガン博士は、科学と技術の重要性をはっきりと認識している。そして、科学と技術とを一般の人たちにも広め、一般の人たちによく理解してもらうことが、人類文明の未来にとってきわめて大切なことも、彼はよく知っている。かつてケプラーやフンボルトなどの偉大な科学者たちは、科学知識の普及に努力した。それと同じように、セーガン博士も、二〇世紀の最先端の科学と技術とを、一般の人たちに広く伝えたいと努力している。

この本は、世界の数多くの国で翻訳された。世界の何億という人たちが、同じ知識を分かち合うことは、世界に平和を確立するのにきっと役立つことだろう。

コスモス　下　　朝日文庫

1984年4月20日　第1刷発行
1991年7月5日　第10刷発行

著　者　カール・セーガン
訳　者　木村　繁

発行者　木下秀男
印刷製本　凸版印刷株式会社
発行所　朝日新聞社
〒104-11　東京都中央区築地5-3-2
電話　03(3545)0131（代表）
編集＝図書編集室　販売＝出版販売部
振替　東京0-1730

定価はカバーに表示してあります

ISBN4-02-260270-8

限りなく広がる宇宙、永遠に続く時間のなかで、人類はいま初めて自らの育った星・地球から旅立とうとしている――宇宙と星のなり立ちと科学の使命を説き、今日の宇宙科学ブームのさきがけとなったベストセラー。

ISBN4-02-260270-8 C0144 P420E

朝日新聞社　定価420円（本体408円）